

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN SISTEM BANDUL DAN SISTEM
KONVENSIONAL DALAM PEMBUANGAN AKUMULASI LIMBAH
ORGANIK TERHADAP KUALITAS AIR PADA TAMBAK UDANG
VANAME (*Litopenaeus vannamei*) SISTEM INTENSIF**

SKRIPSI

Oleh

**TITAH FATHIA AIRANDARI
NPM 2214111040**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN SISTEM BANDUL DAN SISTEM
KONVENSIONAL DALAM PEMBUANGAN AKUMULASI LIMBAH
ORGANIK TERHADAP KUALITAS AIR PADA TAMBAK UDANG
VANAME (*Litopenaeus vannamei*) SISTEM INTENSIF**

Oleh

TITAH FATHIA AIRANDARI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN SISTEM BANDUL DAN SISTEM KONVENSIONAL DALAM PEMBUANGAN AKUMULASI LIMBAH ORGANIK TERHADAP KUALITAS AIR PADA TAMBAK UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) SISTEM INTENSIF

Oleh

TITAH FATHIA AIRANDARI

Intensifikasi budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) menyebabkan peningkatan akumulasi bahan organik yang berakibat pada perubahan kualitas air dan berujung penurunan produktivitas, sehingga diperlukan sistem pembuangan yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas sistem pembuangan akumulasi limbah organik antara sistem bandul dan sistem konvensional terhadap kualitas air serta performa produksi tambak udang sistem intensif di PT. Dua Putra Perkasa, Sili, Sumbawa. Metode penelitian menggunakan pembuangan limbah tambak sistem konvensional dan bandul selama penelitian dilakukan pengamatan kualitas air serta performa produksi (SR, FCR, Biomassa) pada kedua perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara statistik kepadatan plankton, TOM dan pH berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan nilai P1 masing-masing $1.139.556 \pm 378.437$ Ind/mL, *Total Organic Matter* (TOM) $100 \pm 7,92$ mg/L, dan pH $8,1 \pm 0,264$ lebih tinggi dari P2. Performa produksi P2 lebih tinggi yaitu nilai masing-masing FCR $1,83 \pm 0,096$, SR $54,53 \pm 3,968\%$, Biomassa $12.470,09 \pm 571,5$ kg yang dipengaruhi oleh kualitas air, kualitas benur dan serangan penyakit. Kesimpulannya, perbedaan sistem pembuangan limbah belum efektif memberikan perbedaan nyata, namun lebih berdampak pada performa produksi udang.

Kata kunci: Kualitas Air, Sistem Bandul, Sistem Konvensional, Sistem Pembuangan Limbah, Udang Vaname

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF USING PENDULUM SYSTEM AND CONVENTIONAL SYSTEM IN THE DISPOSAL ACCUMULATION OF ORGANIC MATTER ON THE WATER QUALITY IN INTENSIVE PACIFIC WHITE SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) POND

By

TITAH FATHIA AIRANDARI

The intensification of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming has led to increased accumulation of organic matter, resulting in changes in water quality and ultimately a decline in productivity; therefore, an effective drainage system is required. This study aimed to analyze the effectiveness of organic waste accumulation disposal systems, namely the pendulum system and the conventional system, on water quality and production performance in intensive shrimp ponds at PT. Dua Putra Perkasa, Sili, Sumbawa. The research method used conventional and pendulum pond waste disposal systems during the study, observing water quality and production performance (SR, FCR, Biomass) in both treatments. The results of the researched showed that statistically, plankton density, *Total Organic Matter* (TOM), and pH were significantly different ($P < 0,05$) with P1 values of $1,139,556 \pm 378,437$ Ind/mL, TOM 100 ± 7.92 mg/L, and pH 8.1 ± 0.264 higher than P2. The production performance of P2 was higher, with FCR 1.83 ± 0.096 , SR $54.53 \pm 3.968\%$, and Biomass $12,470.09 \pm 571.5$ kg, which were influenced by water quality, seed quality, and disease attacks. In conclusion, differences in waste disposal systems have not yet effectively produced significant differences, but have had a greater impact on shrimp production performance.

Keywords: Conventional System, Pendulum System, Wastewater Disposal System, Water Quality, Whiteleg Shrimp

Judul skripsi

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN
SISTEM BANDUL DAN SISTEM
KONVENSIONAL DALAM
PEMBUANGAN AKUMULASI
LIMBAH ORGANIK TERHADAP
KUALITAS AIR PADA TAMBAK
UDANG VANAME (*Litopenaeus
vannamei*) SISTEM INTENSIF**

Nama Mahasiswa

Titah Fathia Airandari

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2214111040

Program Studi


: Budidaya Perairan

Fakultas

: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si.

NIP. 199001282019032018


Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.

NIP. 198408052009121003

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

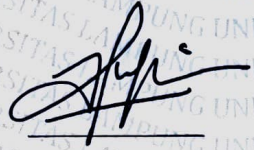

Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si.



Sekretaris : Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.



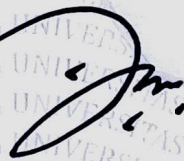
Penguji Bukan Pembimbing : Limin Santoso, S.Pi., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIR 196411181989021002



Tanggal lulus ujian skripsi : 11 Maret 2026



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul “Efektivitas Penggunaan Sistem Bandul Dan Sistem Konvensional Dalam Pembuangan Akumulasi Limbah Organik Terhadap Kualitas Air Pada Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Sistem Intensif” tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 10 April 2026

Yang membuat pernyataan



Titah Fathia Airandari
NPM. 2214111040

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, pada tanggal 24 Oktober 2004 sebagai anak dari pasangan suami istri Bapak Agil Susilo, S.T. dan Ibu Dwi Hapsari Utami, S.Psi., M.Pd.. Penulis menempuh pendidikan formal dari Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) Mawar, Bandarlampung, Lampung pada tahun 2008-2010, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SDN 1 Sepang Jaya pada tahun 2010-2016, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di MTsN 2 Bandar Lampung pada tahun 2016-2019, dan pendidikan menengah kejuruan di SUPM Negeri Kotaagung, Tanggamus, Lampung pada tahun 2019-2022. Selama masa pendidikan menengah kejuruan di SUPM Negeri Kotaagung penulis memiliki pengalaman Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada komoditas air tawar di Balai Benih Ikan Sentral (BBIS) Purbolinggo, Lampung Timur (2020) serta komoditas air payau di Tambak Udang PT. Dua Putra Perkasa Pratama, Kaur, Bengkulu Selatan selama 4 bulan (2021).

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan tinggi di Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2022. Penulis aktif pada Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) *English Society* sebagai anggota pengurus pada tahun 2024 dan pernah aktif pada Organisasi Himpunan Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK) sebagai anggota pada periode 2024. Penulis pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Statistika Dasar dan Rancangan Percobaan pada tahun 2023/2024. Selama berada di perguruan tinggi, penulis mengikuti magang di akhir semester ganjil 2023/2024 di PT. Central Proteina Prima, Lampung Selatan.

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Puji Rahayu, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Januari-Februari 2025. Penulis juga mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Magang serta Praktik Umum di Tambak Udang PT. Dua Putra Perkasa Pratama, Sili, Sumbawa pada bulan Februari-Agustus 2025.

PERSEMBAHAN

“Skripsi ini dipersembahkan sebagai wujud rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta kepada ibu dan uti yang selalu menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah.”

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Efektivitas Penggunaan Sistem Bandul Dan Sistem Konvensional Dalam Pembuangan Akumulasi Limbah Organik Terhadap Kualitas Air Pada Tambak Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Sistem Intensif*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Unila;
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Limin Santoso, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama;
6. Deny Sapto Chondro Utomo, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Akademik.
7. Ida Bagus Putu Wijana, A.Md.Pi selaku Pembimbing Lapangan di PT. Dua Putra Perkasa Pratama, Sili, Sumbawa.
8. Ibu Dwi Hapsari Utami, S.Psi., M.Pd. dan Uti Kutarni, S.Pd yang memberikan doa tiada henti, kasih sayang, cinta, dan omelan yang menjadikan semangat untuk penulis menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
9. Adik penulis Alzhafif yang telah tumbuh bersama dan memberikan dukungan penuh.
10. Sahabat MTs, SUPM dan kuliahku yang selalu ada untuk penulis selama ini.

Bandar Lampung, 6 Maret 2026

Titah Fathia Airandari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Kerangka Pikir Penelitian	4
1.5 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Biologi Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	8
2.2 Budidaya Udang Vaname	11
2.2.1 Sistem Budidaya	11
2.2.2 Akumulasi Limbah Organik Tambak	12
2.2.3 Tantangan Budidaya Udang	13
2.3 Kualitas Air Budidaya Udang	14
2.3.1 Parameter Biologi	14
2.3.2 Parameter Fisika dan Kimia	16
III. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21
3.2 Bahan dan Alat	22
3.2.1 Bahan	22
3.2.2 Alat	22
3.3 Rancangan Penelitian	24
3.4 Prosedur Penelitian	26
3.4.1 Pembuangan Akumulasi Limbah Organik Sistem Konvensional	26

3.4.2	Pembuangan Akumulasi Limbah Organik Sistem Bandul	26
3.5	Parameter Penelitian.....	27
3.5.1	Kepadatan Plankton.....	27
3.5.2	<i>Total Vibrio Count</i> (TVC)	27
3.5.3	Pengukuran Suhu.....	28
3.5.4	Pengukuran pH.....	28
3.5.5	Pengukuran <i>Dissolved Oxygen</i>	28
3.5.6	Pengukuran Fosfat.....	28
3.5.7	Pengukuran <i>Total Organic Matter</i> (TOM)	29
3.5.8	Pengukuran Total Amonia Nitrogen (TAN)	29
3.5.9	Pengukuran Nitrit	29
3.5.10	Pengukuran Nitrat.....	30
3.5.11	Performa Produksi Udang	30
3.6	Analisis Data	30
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1	Hasil	32
4.1.1	Suhu Air Tambak Udang	32
4.1.2	pH Air Tambak Udang.....	33
4.1.3	<i>Dissolved Oxygen</i> (DO) air tambak udang.....	35
4.1.4	Fosfat Air Tambak Udang.....	36
4.1.5	<i>Total Organic Matter</i> (TOM) Air Tambak Udang	38
4.1.6	Total Amonia Nitrogen (TAN) Air Tambak Udang	40
4.1.7	Nitrit Air Tambak Udang.....	45
4.1.8	Nitrat Air Tambak Udang	47
4.1.9	Kepadatan Plankton Tambak Udang.....	49
4.1.10	<i>Total Vibrio Count</i> (TVC) Air Tambak Udang.....	52
4.1.11	Nilai Kisaran Parameter Kualitas Air Tambak Udang.....	54
4.1.12	Performa Produksi Udang Vaname.....	54
4.2	Pembahasan.....	58
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1	Simpulan	69
5.2	Saran	69
	DAFTAR PUSTAKA	70
	LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan penelitian beserta merk, konsentrasi, dan kegunaannya	22
2. Alat penelitian beserta merek, konsentrasi dan kegunaannya.....	22
3. Kelimpahan jenis dominasi plankton air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah	52
4. Data kualitas air pada dua sistem pembuangan limbah tambak beserta nilai optimum.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pikir penelitian	5
2. Morfologi udang vaname	9
3. Siklus hidup udang vaname	11
4. Spesies plankton yang terdapat di tambak udang vaname (a) <i>Euglena</i> sp. (Sumber : Maghfiroh et al., 2023) ; (b) <i>Chlorella</i> sp. (Sumber : John et al., 2015)	14
5. Morfologi <i>Vibrio harveyi</i>	15
6. Lokasi penelitian	21
7. Sistem konvensional dalam pembuangan limbah tambak udang.....	24
8. Sistem bandul dalam pembuangan limbah tambak udang.....	25
9. Desain sistem bandul (tampak samping)	25
10. Desain sistem bandul tanpa frame	25
11. Letak kincir dan arah arus tambak udang	26
12. Rerata suhu air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah.....	32
13. Dinamika suhu air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan.....	33
14. Rerata pH air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah	34
15. Dinamika pH air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan	34
16. Rerata <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah	35
17. Dinamika <i>Dissolved oxygen</i> (DO) air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan	36
18. Rerata fosfat air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah	37
19. Dinamika fosfat air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan	38
20. Rerata <i>Total Organic Matter</i> (TOM) air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah	39
21. Dinamika <i>Total Organic Matter</i> (TOM) air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan	40
22. Rerata Total Amonia Nitrogen (TAN) air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah	41
23. Rerata NH ₃ air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah.....	42
24. Rerata NH ₄ ⁺ air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah.....	43
25. Dinamika Total Ammonia Nitrogen (TAN) air tambak udang selama 100 hari	

pemeliharaan	43
26. Dinamika amonia (NH_3) air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan...	44
27. Dinamika amonium (NH_4^+) air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan	45
28. Rerata nitrit air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah.....	46
29. Dinamika nitrit air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan	47
30. Rerata nitrat air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah.....	48
31. Dinamika nitrat air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan.....	49
32. Rerata kepadatan plankton air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah.....	50
33. Dinamika kepadatan plankton air tambak selama 100 hari pemeliharaan.....	51
34. Rerata <i>Total Vibrio Count</i> (TVC) air tambak udang pada dua sistem pembuangan limbah	52
35. Dinamika <i>Total Vibrio Count</i> (TVC) air tambak udang selama 100 hari pemeliharaan	53
36. Rerata <i>Feed Conversion Rasio</i> (FCR) udang vaname pada dua sistem pembuangan limbah tambak	55
37. Rerata <i>Survival rate</i> (SR) udang vaname pada dua sistem pembuangan limbah tambak.....	56
38. Rerata biomassa udang vaname pada dua sistem pembuangan limbah tambak	57
39. Dinamika <i>Average Daily Growth</i> (ADG) udang vaname selama 100 hari pemeliharaan	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil <i>Independent Sample T- Test</i> dengan SPSS	85
2. Dokumentasi penelitian	89
3. Data pakan harian	93
4. Data Salinitas	99

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang berasal dari pantai Pasifik Barat Amerika Latin. Udang vaname pertama kali diperkenalkan untuk dibudidayakan di Asia pada tahun 1996, dimulai dari Taiwan dengan mengimpor calon induk dari Hawaii. Setelah itu, budidaya udang vaname menyebar ke negara-negara lain di Asia seperti Cina, Myanmar, dan Indonesia (Briggs et al., 2004). Dari data KKP (2025) pada tahun 2024 produksi udang vaname di Indonesia mencapai 1.134.017 ton. Data hasil produksi tersebut masih jauh dari target Kementerian Perikanan dan Kelautan (KKP) pada tahun 2024 yang mencapai 2 juta/tahun. Produksi udang vaname terus ditingkatkan dengan kontribusi utama berasal dari tambak-tambak intensif salah satunya di daerah sentra produksi seperti Nusa Tenggara Barat menduduki peringkat pertama produksi udang vaname yang mencapai sebesar 144.453 ton pada tahun 2024 (KKP, 2025).

Permintaan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di pasar domestik dan internasional menunjukkan tren peningkatan dari tahun ke tahun. Pasar utama seperti Amerika Serikat, Jepang dan Tiongkok menyerap komoditas ini dalam jumlah besar, sehingga memberikan peluang ekonomi yang signifikan bagi pelaku usaha budidaya skala kecil maupun besar. Tingginya kebutuhan tersebut mendorong penerapan budidaya modern termasuk sistem intensif yang berkontribusi dalam meningkatkan produktivitas sekaligus efisiensi pada kegiatan pembesaran udang vaname (Auliah et al., 2025). Sistem intensif ditandai dari padat tebar yang tinggi mencapai 100-300 ekor/m², penggunaan pakan komersil dengan jumlah besar, lengkapnya teknologi penunjang produksi yang digunakan, serta penerapan manajemen yang lebih terstruktur (Romadhona et al., 2016; Ahmed et al., 2018).

Intensifikasi budidaya udang vaname menjadi strategi utama dalam meningkatkan produktivitas (Nisar et al., 2021). Padat tebar yang tinggi dalam pe-

nerapan sistem tersebut berpengaruh dengan tingginya aktivitas metabolisme yang menghasilkan bahan organik dalam bentuk ekskresi seperti feses atau kotoran udang yang sebagian akan larut dalam air sedangkan sisanya mengendap di dasar tambak (Situngkir et al., 2019). Hal ini diikuti dengan konsumsi pakan yang semakin besar, sekitar 15% dari pakan yang diberikan akan larut ke dalam air sebelum dikonsumsi udang karena terbuang langsung atau tidak termakan oleh biota (Paena et al., 2017). Pakan tersebut menjadi pemicu utama penumpukan akumulasi limbah organik dalam budidaya intensif (Putra et al., 2014). Kondisi tersebut dapat berpotensi mengganggu kualitas perairan (Emerenciano et al., 2022).

Akumulasi limbah organik pada sistem budidaya intensif yang dihasilkan dari aktivitas metabolisme mengakibatkan ketidakstabilan kualitas air yang menjadi penentu keberhasilan budidaya. Hubungan kondisi kualitas air dengan kesehatan udang sangat erat karena air berfungsi sebagai media hidup, sumber pakan alami, serta wadah terkumpulnya limbah dari proses metabolisme dan sisa pakan (Renitasari & Musa, 2020). Suwoyo et al. (2015^a) menjelaskan bahwa sisa pakan yang mengendap di dasar perairan dan selanjutnya mengalami proses dekomposisi ini akan menghasilkan senyawa berupa nitrat, nitrit, amonia karbondioksida serta hidrogen sulfida yang akhirnya berdampak pada proses metabolisme udang, termasuk perilaku mencari pakan, mekanisme pencernaan dan laju pertumbuhan.

Kualitas air yang terjaga akan memberikan dukungan terhadap pertumbuhan udang secara optimal. Salah satu cara untuk menjaga kualitas air dengan melaksanakan pengelolaan kualitas air yaitu melakukan pembuangan air khususnya dalam mengatasi pembuangan akumulasi limbah organik (Iber & Kasan, 2021). Berbagai pendekatan dalam penerapan sistem pembuangan akumulasi limbah organik telah dikembangkan seperti model pembuangan tengah dan pembuangan pinggir yang memengaruhi kecepatan keluarnya bahan organik saat pergantian air serta distribusi penumpukannya di dasar kolam (Jumraeni et al., 2020). Selain itu, petambak di Asia Tenggara, Bangladesh, dan India khususnya di Andhra Pradesh dan West Bengal mulai mendirikan sistem pembuangan seperti lubang atau toilet udang di tengah kolam budidaya dengan penerapan dasar kolam miring dan aerasi intensif agar limbah cepat teralir ke titik pusat (Khan, 2018). Sejalan dengan inovasi tersebut sistem berikutnya adalah *sludge collector* (SC) yang dikombinasikan

dengan pola arus dari kincir air agar limbah dapat terkumpul di tempat yang lebih terpusat sehingga dasar kolam tetap bersih dari endapan organik (Makmur et al., 2021).

Akumulasi limbah organik yang berdampak negatif pada kualitas air ini memerlukan strategi pembuangan yang tepat untuk mencegah penurunan kondisi kualitas air yang dapat mengakibatkan penurunan produksi udang vaname. Penggunaan sistem pembuangan pada tambak udang sistem intensif di PT. Dua Putra Perkasa terdiri dari sistem pembuangan bandul dan sistem pembuangan konvensional masing-masing memiliki kelemahan dan kelebihan yaitu pada sistem bandul penggunaannya lebih efisien karena mudah digunakan, limbah terkumpul di satu titik dan mengurangi interaksi langsung antara SDM dan udang namun kekurangannya memerlukan biaya yang tinggi dan desain khusus. Sebaliknya pada sistem konvensional biaya lebih murah dan desain sederhana, tetapi beresiko menimbulkan stress pada udang karena interaksi langsung pekerja dan udang serta konsistensi dan frekuensi yang terbatas. Oleh karena itu, ditinjau dari kajian sebelumnya bahwa terdapat dampak akumulasi limbah organik pada budidaya sistem intensif serta belum adanya penelitian tentang pengaruh sistem pembuangan akumulasi limbah organik terhadap kualitas air maka dilakukanlah penelitian mengenai efektivitas penggunaan sistem pembuangan akumulasi limbah organik terbaik antara sistem bandul dengan sistem konvensional yang menjadi pembandingan terhadap kualitas air serta performa produksi pada tambak udang intensif PT. Dua Putra Perkasa, Sili, Sumbawa.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis efektivitas penggunaan sistem pembuangan akumulasi limbah organik antara sistem bandul dan sistem konvensional terhadap kualitas air serta performa produksi tambak udang sistem intensif di PT. Dua Putra Perkasa, Sili, Sumbawa.

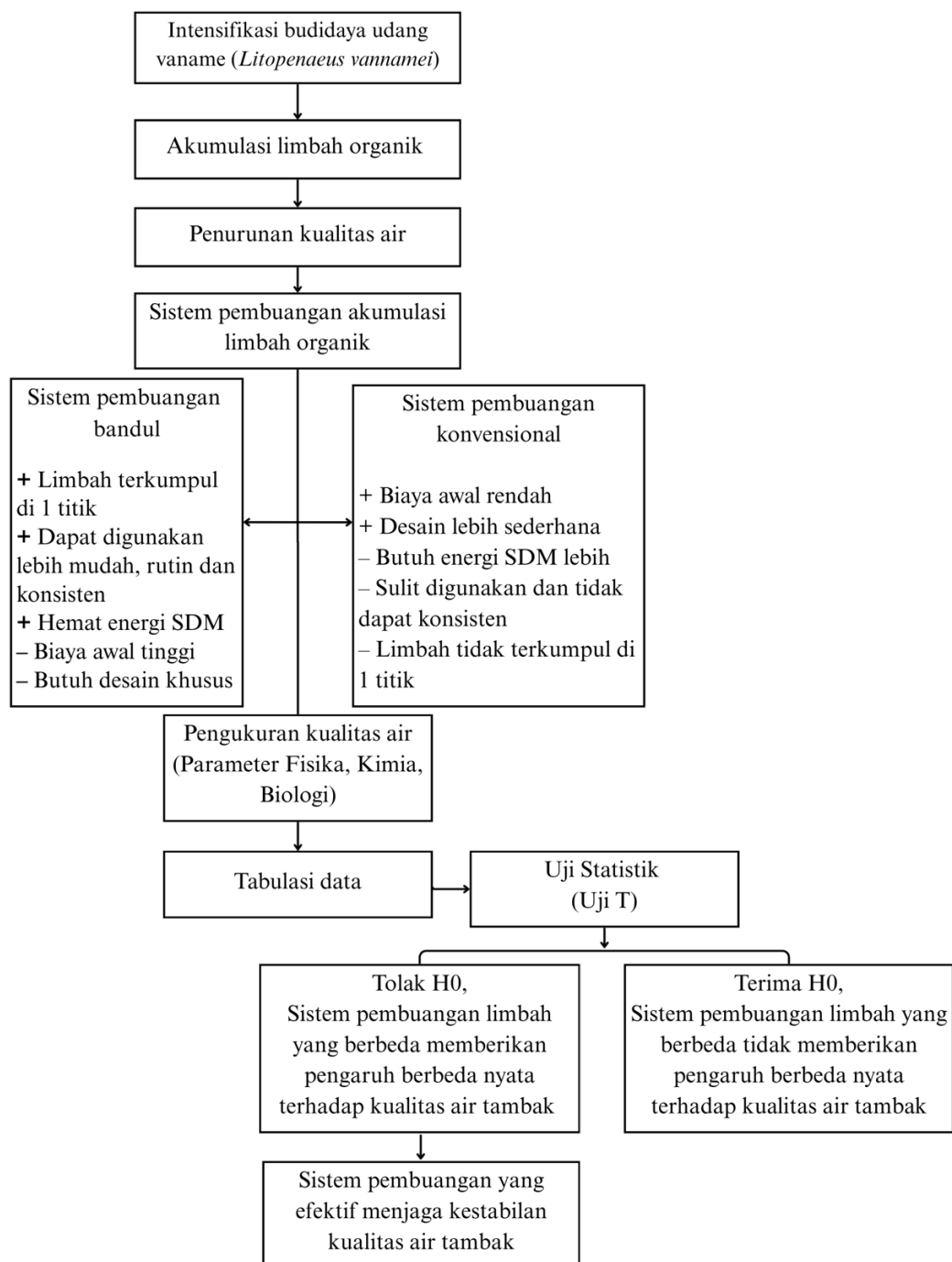
1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu untuk memberikan informasi dan membandingkan sistem pembuangan akumulasi limbah yang terbaik ter-

hadap kualitas air.

1.4 Kerangka Pikir Penelitian

Intensifikasi budidaya udang vaname menjadi salah satu cara yang dapat menunjang produksi dalam memenuhi tingginya permintaan pasar. Sistem intensif memiliki padat tebar yang tinggi yang menyebabkan aktivitas metabolisme meningkat, sehingga hasil metabolisme seperti kotoran udang menjadi penyumbang menumpuknya limbah organik diikuti dengan besarnya jumlah penggunaan pakan komersil. Pakan komersil yang diberikan untuk udang tidak semua dikonsumsi oleh udang mengakibatkan sisa pakan menjadi terlarut sehingga menghasilkan akumulasi limbah organik yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Hal ini memengaruhi proses metabolisme udang karena pertumbuhan udang yang optimal didukung oleh kualitas air yang terjaga. Sebagai upaya menjaga kualitas air maka diperlukan pengelolaan dengan melakukan penyiponan atau pembuangan akumulasi limbah organik melalui sistem yang tepat. Sistem pembuangan konvensional dianggap kurang konsisten dilakukan sedangkan sistem pembuangan bandul memungkinkan dilakukan secara rutin dan konsisten dengan frekuensi yang lebih banyak. Oleh karena itu perlu adanya penelitian untuk menganalisis efektivitas sistem pembuangan akumulasi limbah organik antara sistem pembuangan konvensional dan sistem pembuangan bandul terhadap kualitas air serta performa produksi. Kerangka penelitian disajikan secara singkat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pikir penelitian

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

- A. Suhu Air Tambak Udang
 - a. $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter suhu)
 - b. $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter suhu)
- B. pH Air Tambak Udang
 - a. $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter pH)
 - b. $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter pH)
- C. Oksigen Terlarut Air Tambak Udang
 - a. $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter oksigen terlarut)
 - b. $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter oksigen terlarut)
- D. Fosfat Air Tambak Udang
 - a. $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter fosfat)
 - b. $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter fosfat)
- E. *Total Organic Matter* Air Tambak Udang
 - a. $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter *Total Organic Matter*)
 - b. $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter *Total Organic Matter*)

- F. Total Amonia Nitrogen Air Tambak Udang
- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter Total Amonia Nitrogen)
 - $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter Total Amonia Nitrogen)
- G. Nitrat Air Tambak Udang
- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat nyata perbedaan sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter nitrat)
 - $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter nitrat)
- H. Nitrit Air Tambak Udang
- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter nitrit)
 - $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter nitrit)
- I. Kepadatan Plankton Air Tambak Udang
- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter kepadatan plankton)
 - $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter kepadatan plankton)
- J. *Total Vibrio Count* (TVC) Air Tambak Udang
- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = 0$ (tidak terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter *Total Vibrio Count* (TVC))
 - $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq 0$ (terdapat perbedaan nyata sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda terhadap parameter *Total Vibrio Count* (TVC))

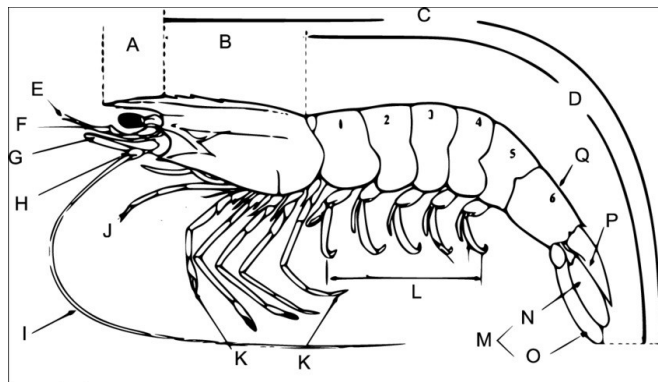
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Berdasarkan nama ilmiah udang vaname memiliki nama latin *Litopenaeus vannamei*. Udang ini termasuk ke dalam golongan *Crustacea* (udang-udangan) dan dikelompokkan sebagai udang laut yang tidak jauh berbeda dengan jenis udang lainnya, seperti udang windu (*Penaeus monodon*), udang putih (*Litopenaeus merguensis*), udang dogol (*Metapenaeus* spp.), udang jari (*Litopenaeus indicus*), dan udang kembang (*Litopenaeus semisulactus*). Klasifikasi udang vaname menurut Wyban dan Sweeney (1991) sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Sub Kelas	: Malacostraca
Ordo	: Decapoda
Famili	: Penaeidae
Filum	: Chordata
Genus	: <i>Litopenaeus</i>
Species	: <i>Litopenaeus vannamei</i>



Gambar 2. Morfologi udang vaname
(Sumber : De Gryse et al., 2020)

Keterangan :

A: rostrum B: carapax A+B: cephalothorax, C: panjang tubuh, D: abdomen, E: antennulae, F: stylocerite, G: scaphocerite (dalam posisi terangkat), H: endopodite antenna, I: flagellum antenna, J: maxillipoda, K: pereopoda, L: pleopoda, M: uropoda, N: eksopodit uropodit, O: endopodit, P: telson, Q: tonjolan dorsal (Chan, 1998)

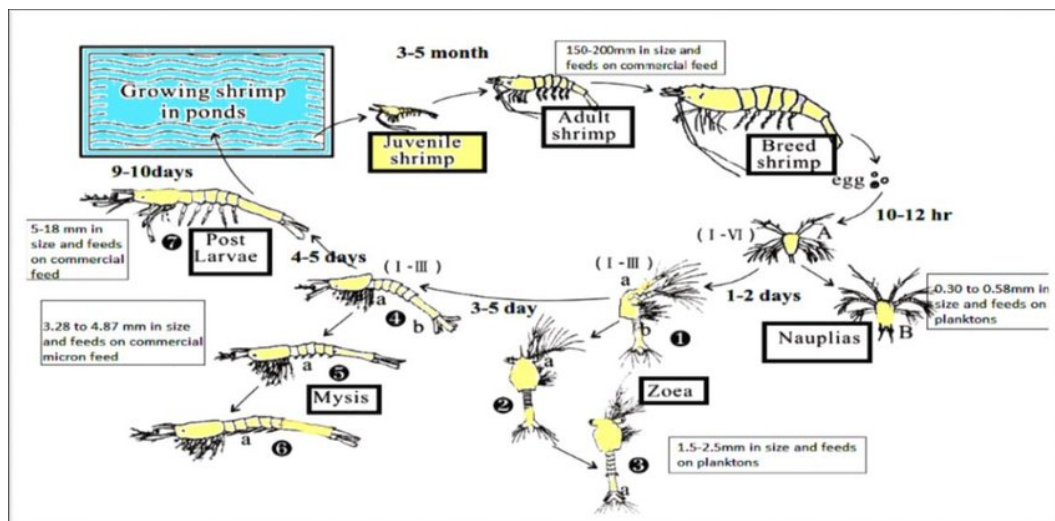
Tubuh udang meliputi 2 bagian utama yaitu kepala dada (*cephalothorax*) dan perut (abdomen). Cephalotorax tertutup oleh kelopak kepala yang disebut *carapace*. Udang vaname memiliki 5 pasang kaki renang (*pleopod*) dan 5 pasang kaki jalan (*pereopod*). Bagian tubuhnya terdiri dari *carapace* (kepala) dan abdomen (perut). Insang terdapat di bagian sisi kiri dan kanan kepala, tertutup oleh *carapace*. Pada ujung *carapace* terdapat rostrum yang mempunyai gerigi bagian atas (dorsal) sebanyak 6-8 dan bagian bawah (ventral) sebanyak 2-4 buah (Wyban & Sweeney, 1991). Cephalotorax terdiri dari 13 ruas (kepala : 5 ruas, dada : 8 ruas) dan abdomen 6 ruas, terdapat ekor dibagian belakang. Pada *cephalotorax* terdapat anggota tubuh, berturut-turut yaitu *antennula* (sungut kecil), *scaphocerit* (sirip kepala), *antenna* (sungut besar), *mandibula* (rahang), 2 pasang *maxilla* (alat-alat pembantu rahang), 3 pasang *maxilliped*, 3 pasang *pereiopoda* (kaki jalan) yang ujung-ujungnya bercapit disebut *chela*. Pada bagian abdomen terdapat 6 segmen terdiri dari 5 pasang *pleopoda* (kaki renang) yaitu pada ruas ke-1 sampai 5. Sedangkan pada ruas ke-6 kaki renang mengalami perubahan bentuk menjadi ekor kipas atau *uropoda* serta memiliki telson pada segmen yang ke 6 (Muhazar, 2020). Morfologi lengkap udang vaname dapat dilihat pada Gambar 2.

2.1.2 Habitat dan Penyebaran

Udang vaname memiliki habitat di dasar perairan yang cenderung berlumpur pada daerah pantai dengan kedalaman mencapai 72 m. Udang vaname berkembang biak pada perairan bersalinitas tinggi, larvanya yang bersifat planktonik, terbawa arus ke wilayah perairan estuaria atau teluk yang terlindung dengan substrat lumpur. Menurut Utojo & Tangko (2008), udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) memiliki tempat tinggal alami di perairan pantai dan perairan laut Amerika Latin. Secara umum udang bersifat bentis dan hidup pada permukaan dasar laut. Adapun habitat yang digemari oleh udang adalah dasar laut yang lumer (*soft*) yang biasanya campuran antara lumpur dan pasir (Fardilla, 2018). Udang vaname tersebar secara geografis pada wilayah perairan Pasifik Barat, Teluk Meksiko, Panama, Peru, dan Ekuador. Hingga saat ini udang vaname paling banyak dibudidayakan di negara-negara sekitar Teluk Meksiko, Amerika Serikat bagian Selatan seperti Florida, Texas, Georgia, dan Carolina Selatan. Jenis udang vaname di Asia banyak dibudidayakan di Taiwan (Fardilla, 2018).

2.1.3 Siklus Hidup Udang Vaname

Tahapan siklus hidup udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dimulai dari proses pembuahan telur yang kemudian berkembang melalui beberapa fase, yakni fase nauplius, mysis, post larva, juvenil hingga akhirnya mencapai tahap udang dewasa (Gambar 3). Pada fase dewasa, udang melakukan proses pemijahan secara seksual di perairan laut dalam. Selanjutnya, ketika memasuki fase larva yang dimulai dari nauplius hingga mencapai juvenil, organisme ini berpindah menuju perairan yang lebih dangkal, keberadaan vegetasi alami berperan penting sebagai tempat perlindungan sekaligus pemeliharaan. Setelah melewati fase remaja, udang kembali menuju laut lepas untuk tumbuh menjadi dewasa, sehingga keseluruhan siklus hidup berlangsung berulang secara berkesinambungan (Haliman & Adijaya, 2005).



Gambar 3. Siklus hidup udang vaname
(Sumber : Khusbu et al., 2022)

2.2 Budidaya Udang Vaname

2.2.1 Sistem Budidaya

Berbagai sistem budidaya udang vaname telah diterapkan di Indonesia untuk meningkatkan produktivitas yang terdiri dari sistem tradisional hingga super intensif (Aras & Faruq, 2024). Sistem ekstensif atau tradisional umumnya diterapkan pada tambak masyarakat yang bergantung pada kondisi alam dan pengelolaannya sederhana dengan hasil produksi rendah sekitar 50-500 kg/ha per siklus budidaya (Kordi, 2010). Peningkatan teknologi dilakukan melalui sistem semi intensif yang memanfaatkan kombinasi pakan alami dan buatan dengan pengelolaan air limbah yang lebih baik dengan padat tebar 50-79 ekor/m² dan produktivitas 0,4-0,8 kg/m² (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Pada tingkat tertinggi, sistem super intensif menerapkan konsep *low volume high density* pada lahan sempit sekitar 1.000 m² dengan padat tebar 217-385 ekor/m² dan produktivitasnya mencapai 100-150 ton/ha (Rahim et al., 2021; Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI No.75 Tahun 2016).

Salah satu sistem budidaya udang yang banyak digunakan adalah sistem intensif yang diterapkan untuk menunjang produksi udang karena permintaan pasar yang tinggi. Budidaya udang sistem ini membutuhkan biaya produksi yang lebih besar dibandingkan dengan sistem ekstensif dikarenakan tingginya pengguna-

an input produksi. Salah satu karakter utama dari sistem ini adalah padat tebar yang tinggi sehingga pakan dan kualitas benur menjadi faktor penting yang memengaruhi peningkatan hasil panen (Utami et al., 2014). Tambak intensif umumnya dilengkapi dengan plastik mulsa yang menutupi seluruh dasar, pompa, kincir air, aerator, tingkat penebaran yang padat, serta pemberian pakan berupa pelet 100% (Cahyanurani & Hariri, 2021). Penerapan manajemen budidaya dilakukannya dengan ketat melalui penerapan *good aquaculture practices* (GAP), standar operasional prosedur (SOP) dan sistem *biosecurity*. Meskipun demikian, tingginya padat tebar dalam sistem intensif seringkali menimbulkan permasalahan berupa serangan penyakit (*disease outbreak*) yang berkaitan erat dengan peningkatan limbah organik di dalam tambak (Supono, 2017).

2.2.2 Akumulasi Limbah Organik Tambak

Akumulasi limbah organik pada tambak udang vaname terutama berasal dari sisa pakan, feses, plankton mati serta hasil metabolisme udang yang mengendap didasar perairan (Supono, 2015). Selain faktor tersebut Suwoyo et al., (2015^b) menambahkan bahwa input budidaya seperti pupuk, kapur, dan probiotik juga berkontribusi terhadap peningkatan kandungan organik pada air maupun sedimen. Dalam sistem budidaya intensif, padat tebar yang tinggi mempercepat penumpukan karena kebutuhan pakan meningkat seiring bertambahnya ukuran udang (Wulandari et al., 2015). Chaikaew et al., (2019) menyebutkan bahwa efisiensi pemanfaatan nutrisi dari pakan rendah yaitu hanya 21-24 % nitrogen dan 10-13% fosfor yang diserap sementara sisanya terbuang sebagai limbah. Hal ini dipertegas oleh Patil et al., (2021) yang menjelaskan bahwa organisme budidaya hanya mampu mengakumulasi pakan 20-25% sedangkan sebagian besar dilepaskan ke perairan sebagai amonium dan nitrogen organik. Limbah tersebut jika terus menumpuk akan berubah menjadi lumpur beserta senyawa toksik sehingga mengakibatkan kualitas air menurun karena meningkatnya kebutuhan oksigen di dasar serta dapat merusak habitat organisme budidaya (Jasmin et al., 2020; Prasetyono et al., 2023).

Akumulasi limbah organik yang berlebihan ini memiliki beberapa dampak yang berbahaya seperti, menurunnya oksigen terlarut akibat dekomposisi mikroba,

meningkatnya populasi bakteri *Vibrio* sp., serta terbentuknya nutrien yang memicu pertumbuhan mikroalga berlebihan hingga menyebabkan *blooming* yang merugikan budidaya (Junior et al., 2021; Ariadi et al., 2019; Juliyanto et al., 2021). Upaya pengendalian dilakukan melalui penyiponan yang berfungsi mengeluarkan endapan sisa pakan dan feses sebelum terurai menjadi senyawa berbahaya (Wulandari et al., 2015). Menurut Budiardi et al., 2007 pergantian air secara berkala dapat menjaga kestabilan kualitas air dengan cara mengencerkan bahan organik terlarut. Pembuangan lumpur hasil akumulasi juga diperlukan agar tidak terdegradasi kebutuhan oksigen biologis dan kadar karbondioksida terlarut (Hossain et al., 2016).

2.2.3 Tantangan Budidaya Udang

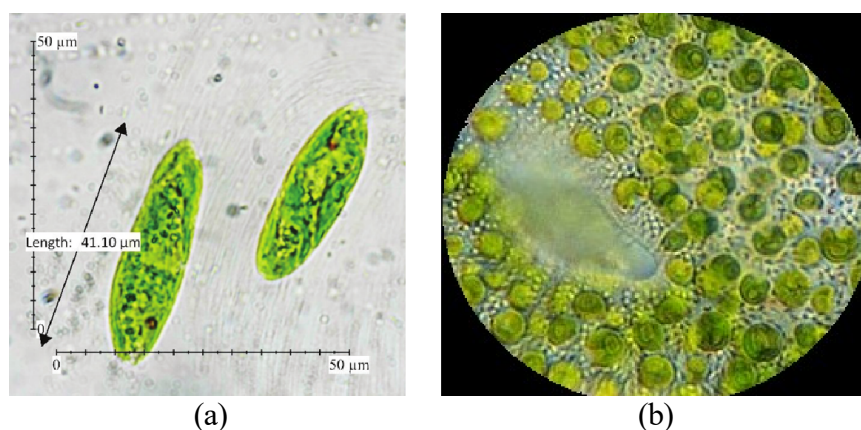
Pada budidaya udang sistem intensif di Indonesia khususnya spesies udang vaname dikenal sebagai komoditas perikanan bernilai tinggi yang terus mengalami peningkatan permintaan di pasar domestik maupun internasional (Zamroni et al., 2021). Namun, dibalik potensinya sektor ini menghadapi berbagai tantangan seperti keterbatasan benih unggul, tingginya biaya pakan, serta meningkatnya risiko penyakit dan menurunnya kualitas lingkungan yang berpengaruh langsung terhadap kualitas air budidaya. Pada budidaya udang sistem intensif permasalahan kualitas air menjadi isu dominan karena menurut Isnaini et al., (2021) dan Nurhayati & Ayu (2023) peningkatan jumlah pakan selama pemeliharaan menyebabkan akumulasi bahan organik dari sisa pakan dan feses yang memicu kenaikan konsentrasi amonia dan penurunan kualitas perairan. Kondisi air yang tidak terkontrol dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan tingkat kelangsungan hidup udang serta berpotensi memicu penyakit yang menimbulkan kerugian ekonomi besar (Sanusi et al., 2015; Liubana et al., 2022). Sejalan dengan hal tersebut pernyataan Wafi et al., (2020) menekankan bahwa tantangan utama dalam budidaya udang vaname adalah mengoptimalkan pertumbuhan dengan tetap mempertahankan efisiensi biaya dan keberlanjutan lingkungan.

2.3 Kualitas Air Budidaya Udang

2.3.1 Parameter Biologi

2.3.1.1 Plankton

Plankton merupakan mikroorganisme yang perannya sangat penting dalam ekosistem perairan. Plankton dikelompokkan menjadi dua, yakni fitoplankton dan zooplankton (Bergeon et al., 2023). Keberadaannya dalam tambak udang sebagai sumber dalam mekanisme rantai makanan yaitu fitoplankton (plankton yang bersifat nabati) yang kedudukannya menjadi produsen primer bagi zooplankton (plankton yang bersifat hewani) dan kemudian dikonsumsi oleh udang (Setyaningrum & Yuniartik, 2021). Hal ini didukung oleh pernyataan Mildasari et al., (2021) kelimpahan plankton menunjang keberhasilan budidaya udang vaname karena berfungsi sebagai pakan alami, penyedia oksigen dan indikator kualitas air yang dipengaruhi kondisi lingkungan. Walaupun demikian, kepadatan plankton yang tidak terkendali dapat menyebabkan toksik bagi ekosistem perairan jika jumlah populasinya tidak terkendali atau jauh dari batas normal. Menurut Madinawati (2010) kenaikan jumlah plankton yang melampaui ambang toleransi organisme akuatik dapat menimbulkan efek merugikan, salah satunya kematian massal organisme perairan akibat kompetisi dalam memperoleh oksigen terlarut. Nilai kelimpahan jumlah plankton berdasarkan tingkat kesuburan perairan dapat dikategorikan menjadi 3 yaitu, tingkat kesuburan rendah $<10^4$ sel/L, tingkat sedang berkisar $10^4 - 10^7$ sel/L dan tingkat tinggi $>10^7$ sel/L (Goldman & Horne, 1983).

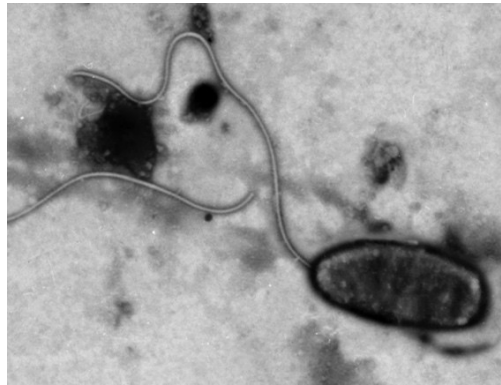


Gambar 4. Spesies plankton yang terdapat di tambak udang vaname (a) *Euglena* sp. (Sumber : Maghfiroh et al., 2023) ; (b) *Chlorella* sp. (Sumber : John et al., 2015)

2.3.1.2 Bakteri *Vibrio* sp.

Bakteri *Vibrio* sp. secara taksonomi adalah sebagai berikut (Austin & Austin, 2012) :

Kingdom : Bacteria
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Gammaproteobacteria
 Ordo : Vibrionales
 Famili : Vibrionaceae
 Genus : *Vibrio*
 Spesies : *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, *V. cholerae*, *V. vulnificus*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. aestuarianus*, *V. ordalii*, *V. splendidus*, *V. pelagius*, *V. furnissii*, *V. ichthyenteri*, *V. ponticus* dan *V. tapetis*



Gambar 5. Morfologi *Vibrio harveyi*
 (Sumber : Zhou et al., 2012)

Menurut Bawole et al., (2017) bakteri *Vibrio* sp. termasuk kelompok bakteri gram negatif, bersifat uniseluler dan berbentuk batang pendek melengkung menyerupai huruf koma dengan ukuran panjang berkisar 1,4-5,0 μm dan lebar 0,3-1,3 μm . Mikroorganisme ini merupakan bakteri anaerob fakultatif sehingga mampu bertahan hidup baik dalam kondisi ada maupun tanpa oksigen. Seluruh jenis *Vibrio* sp. diketahui motil karena memiliki flagella yang berfungsi sebagai alat gerak.

Ambang batas keberadaan *Vibrio* sp. di perairan budidaya adalah 10^4 CFU/mL, sedangkan batas maksimum bakteri secara umum mencapai 10^6 CFU/mL. Pada media selektif TCBS koloni hijau terbentuk akibat ketidakmampuan memfermentasi sukrosa, sedangkan koloni kuning dapat memfermentasi

sukrosa sekaligus menurunkan pH medium (Ihsan & Retnaningrum, 2017). Keberadaan *Vibrio* sp. dalam budidaya menjadi ancaman serius karena bakteri ini tergolong patogen yang mampu menginfeksi udang terutama saat kondisi tubuh lemah dan lingkungan kurang mendukung (Feliatra et al., 2014). Kondisi tersebut semakin diperparah oleh akumulasi sisa pakan di dasar perairan yang tidak dimanfaatkan dengan baik, karena sedimen yang kaya bahan organik dapat meningkatkan populasi *Vibrio* sp. pada lingkungan tambak (Arafani et al., 2016).

2.3.2 Parameter Fisika dan Kimia

2.3.2.1 Suhu

Suhu memiliki hubungan erat dengan konsentrasi oksigen terlarut dan kebutuhan oksigen organisme akuatik. Peningkatan suhu perairan umumnya menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut sehingga tidak selalu mampu mencukupi kebutuhan metabolisme dan respirasi biota air. Selain itu, proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme juga meningkat seiring dengan naiknya suhu (Effendi, 2003). Faktor fisika ini sulit dikendalikan karena sangat dipengaruhi oleh kondisi dan cuaca, misalnya pada daerah dengan intensitas hujan tinggi yang dapat menurunkan suhu air (Supono, 2017). Suhu air tambak selama budidaya udang vaname harus berlangsung pada kisaran toleransi udang vaname. Menurut Badan Standardisasi Nasional, (2014) udang vaname hidup pada kisaran suhu 28-33°C. Jika suhu lebih dari angka optimum maka metabolisme dalam tubuh udang berlangsung cepat, namun jika suhu lingkungan lebih rendah dari suhu optimal, maka pertumbuhan udang menurun dengan menurunnya nafsu makan (Supriatna et al., 2020).

2.3.2.2 pH

Potential Hydrogen (pH) atau derajat keasaman merupakan indikator kualitas air yang menunjukkan aktivitas potensial hydrogen dalam suatu larutan yang dinyatakan melalui konsentrasi ion hydrogen. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2014), udang vaname akan hidup baik pada kisaran pH 7,5- 8,5. Apabila lebih dari 10 maka kondisi air dalam tambak sudah sangat berbahaya bagi udang dan dapat menyebabkan kematian (Huda & Suprianto, 2020). Kondisi pH perairan

yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi dapat menimbulkan stress pada udang, kulit udang melembut, serta menurunkan kelangsungan hidupnya (Chakravarty et al., 2016). Penurunan pH pada air tambak umumnya disebabkan oleh proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, karena selama dekomposisi dilepaskan gas CO₂ yang menurunkan kadar oksigen terlarut sekaligus menurunkan pH perairan. Kondisi pH yang rendah ini juga dapat memicu peningkatan kandungan bahan organik dalam tambak (Boyd, 1991; Mahmudi et al., 2020)

2.3.2.3 Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kualitas air karena berfungsi sebagai penopang utama kehidupan organisme akuatik seperti ikan, fitoplankton dan zooplankton. Kandungan oksigen terlarut dalam suatu perairan dapat dihasilkan melalui proses fotosintesis yang dilakukan tumbuhan air dan fitoplankton serta melalui mekanisme aerasi maupun difusi dari atmosfer ke dalam air (Wahyuni et al., 2022). Penurunan kadar oksigen terlarut disebabkan oleh aktivitas mikroba dalam dekomposisi bahan organik sekaligus pelepasan karbon dioksida ke dalam air (Amri & Pi, 2013). Menurut Badan Standardisasi Nasional (2014), oksigen terlarut yang sesuai untuk pemeliharaan udang vaname adalah >4 mg/l.

2.3.2.4 Fosfat

Fosfat merupakan bentuk utama dari unsur fosfor yang terlarut di dalam air (Rahayu, 2009; Ayuniar & Hidayat, 2018). Fosfat dalam perairan umumnya terdapat dalam bentuk orthofosfat (PO₄) yang menjadi indikator tingkat kesuburan perairan. Menurut Mustofa (2015) bahwa kandungan orthofosfat sebesar 0,003-0,010 mg/L dikategorikan oligotrofik, 0,01-0,03 mg/L termasuk mesotrofik, sedangkan 0,03-0,1 mg/L menunjukkan kondisi eutrofik. Total fosfat penting dalam penilaian parameter budidaya udang karena berfungsi sebagai sumber utama fosfor anorganik terlarut sebagai nutrisi esensial untuk pertumbuhan fitoplankton (Bui et al., 2012). Nilai standar optimal fosfat dalam budidaya udang berkisar 0,1-5 mg/L (Badan Standardisasi Nasional, 2014).

2.3.2.5 Total Organic Matter (TOM)

Sumber utama *Total Organic Matter* (TOM) di perairan berasal dari sisa-sisa organisme yang mati, kotoran hewan, serta material organik lain yang terakumulasi di dalam tambak. TOM mencakup 3 bentuk utama yaitu, bahan organik terlarut, koloid dan tersuspensi. Bahan organik yang terlarut berada dalam air sebagai campuran homogen yang tidak dapat dipisahkan lagi, koloid memiliki partikel berukuran sangat kecil yang tetap melayang dan sulit mengendap, sedangkan bentuk tersuspensi terdiri atas partikel padat yang terlihat jelas keberadaannya (Amaliyah et al., 2015). Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan (2022) nilai kadar TOM yang standar dalam budidaya tambak udang adalah <math><90\text{ mg/L}</math>. Kadar yang melebihi standar akan berdampak buruk terhadap kualitas air karena meningkatnya akumulasi bahan organik, sehingga dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem tambak (Yuspita et al., 2017).

2.3.2.6 Total Amonia Nitrogen

Amonia yang masuk ke dalam perairan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap budidaya udang, karena senyawa ini ada dalam bentuk amonia tidak terionisasi (NH_3) dan amonium (NH_4^+) yang secara keseluruhan dikenal sebagai total amonia nitrogen atau TAN (Wahyuningsih & Gitarama, 2020). Amonia bersumber utama dari sisa pakan, feses udang serta limbah organik. Senyawa ini bersifat higroskopis dan mudah terlarut dalam air (Sundari et al., 2015). Menurut (Malerba et al., 2012) konsentrasi amonia umumnya lebih rendah ketika kadar oksigen terlarut cukup tinggi, namun akumulasi yang berlebihan dapat meningkatkan risiko mortalitas udang. Budidaya udang memiliki batas nilai konsentrasi amonia maksimum $0,1\text{ mg/L}$ (Badan Standarisasi Nasional, 2014).

2.3.2.7 Nitrit (NO_2^-)

Nitrit (NO_2^-) adalah senyawa peralihan dalam siklus nitrogen yang terbentuk antara oksidasi amonia dan nitrat maupun dari nitrat dengan gas nitrogen. Senyawa ini bersifat toksik dan berpotensi mematikan organisme akuatik apabila konsentrasinya meningkat. Keberadaan nitrit sering sekali menjadi indikator proses perombakan bahan organik yang berlangsung pada kondisi oksigen terlarut

rendah (Jumraeni et al., 2020). Berdasarkan penjelasan Hertika et al., (2022) dalam sistem budidaya intensif, keberadaan nitrit relatif umum dijumpai karena masuknya nitrogen ke perairan dalam jumlah besar melalui pakan. Selain berasal dari pakan, nitrit juga dapat terbentuk secara alami melalui aktivitas metabolisme udang serta hasil dekomposisi bahan organik oleh bakteri (Boyd, 2015). Konsentrasi yang aman bagi pemeliharaan udang vaname berada pada kisaran 0,1-1,0 mg/L, jika diluar rentang tersebut dapat menimbulkan dampak serius terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya (Hertika et al., 2021).

2.3.2.8 Nitrat (NO_3^-)

Nitrat (NO_3^-) merupakan bentuk nitrogen anorganik yang umumnya berwujud dalam jumlah kecil di perairan, tetapi berperan penting sebagai unsur hara utama bagi fitoplankton dan organisme produsen lain (Fahirah et al., 2024). Senyawa ini terbentuk melalui proses nitrifikasi, ketika amonia mengalami oksidasi menjadi nitrit lalu dilanjutkan dengan pembentukan nitrat (Pujihastuti, 2011). Dalam konsentrasi normal nitrat digolongkan sebagai unsur hara makro yang tidak bersifat racun dan dibutuhkan fitoplankton untuk menunjang pertumbuhan. Namun, akumulasi nitrat dalam kadar berlebihan dapat memicu ledakan populasi plankton atau *blooming* yang justru dapat merusak kualitas perairan (Gunawan et al., 2025). Menurut Bosman et al., (2021) nitrat pada perairan budidaya udang sebaiknya tidak melebihi konsentrasi 20 mg/L agar kualitas air tetap dalam kondisi optimal.

2.4 Sistem Pembuangan Akumulasi Limbah Organik Tambak

Sistem pembuangan akumulasi limbah organik pada tambak udang memiliki peran penting dalam menjaga kualitas air serta mencegah penumpukan bahan organik didasar kolam. Menurut Jumraeni et al., (2020) model pembuangan tambak dibedakan menjadi dua jenis, yaitu buangan tengah dan buangan pinggir yang mana letak saluran ini memengaruhi arah aliran serta distribusi endapan organik seperti model buangan tengah lebih efektif mengumpulkan bahan organik ke titik pusat, sedangkan model buangan pinggir sering menyebabkan penumpukan di beberapa area tambak. Sistem pembuangan pusat atau konvensional ini bekerja

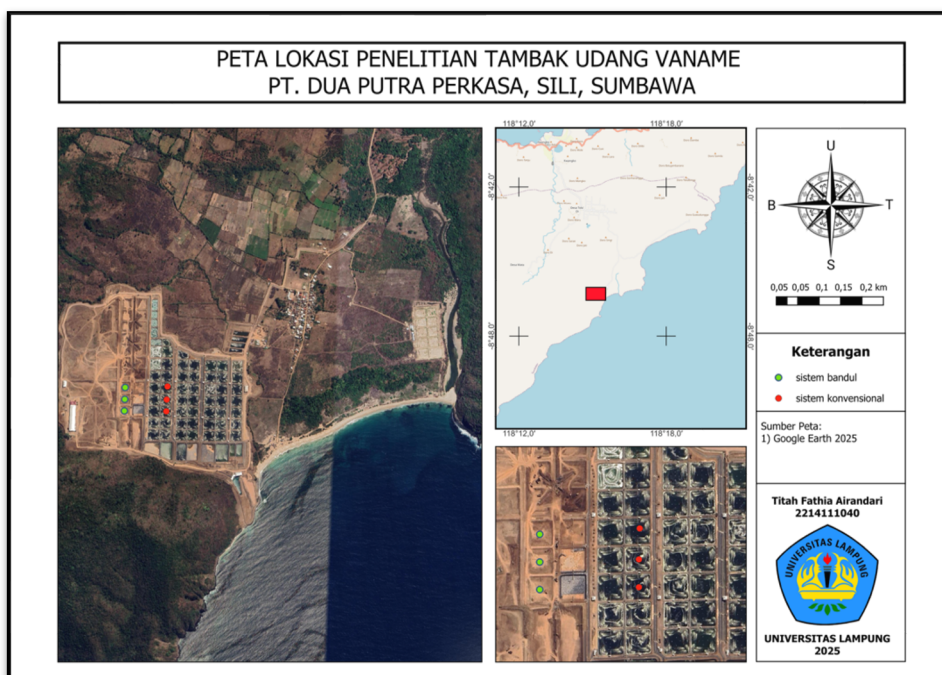
dengan gravitasi yang memiliki daya hisap terbatas dan efisiensi pembuangan yang rendah serta membutuhkan tenaga kerja manual untuk mengarahkan lumpur ke titik buangan, sedangkan sistem otomatis berbasis jet air menurut Pai et al. (2022) mampu mengangkat 99% lumpur dengan tekanan tinggi, lebih efisien dalam mengendalikan endapan bahan organik. Efektivitas pembuangan juga ditentukan oleh rancangan dasar kolam dan sirkulasi air yang mengarahkan lumpur ke titik buangan.

Konsep sistem pembuangan *shrimp toilet* dari Khan (2018) menerapkan dasar kolam miring sekitar 25-30° menuju lubang tengah untuk memusatkan limbah organik sebelum disedot menggunakan pompa agar mencegah terbentuknya amonia dan hidrogen sulfida yang bersifat racun bagi udang. Namun, sistem ini masih memerlukan pengawasan rutin serta alat penyedot tambahan. Pengembangan lebih lanjut dilakukan oleh Makmur et al. (2021) melalui sistem *sludge collector (SC)* yaitu drainase terpusat berbentuk kerucut ditengah tambak dengan arus air melingkar yang mengarahkan lumpur ke wadah penampung. Tambak dengan sistem SC menunjukkan nilai TAN, nitrit, dan fosfat lebih rendah serta produksi panen lebih besar dibandingkan sistem *central drain*, tetapi sistem ini memiliki kekurangan yang bergantung pada desain arus air dan kedisiplinan SDM dalam pembuangan rutin.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan April – September 2025 yang bertempat di Tambak Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) PT. Dua Putra Perkasa Pratama, Desa Sili, Kecamatan Tarano, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Lokasi penelitian

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan penelitian beserta merk, konsentrasi, dan kegunaannya

No	Bahan	Konsentrasi	Merk	Keterangan
1	Sampel Air	-	Lokal	Sampel pengujian kualitas
2	Akuades	20 L	Brataco	Bahan pelarut media dan pengenceran.
3	Media TCBS	8,8 g/100 mL	Oxoid	Media selektif tumbuh bakteri <i>Vibrio</i> sp.
4	Media TSA	4,4 g/100 mL	VitLab	Media umum (nonselektif) untuk menumbuhkan berbagai jenis bakteri secara total.
5	NaCl	0,85 %	ProSalt	Digunakan untuk pembuatan media agar.
4	Alkohol 70%	-	Lokal	Untuk sterilisasi permukaan alat, meja kerja, dan tangan.
5	Spiritus	-	Lokal	Digunakan sebagai bahan bakar lampu bunsen saat melakukan sterilisasi alat.
6	Asam Oksalat	6,3 g dengan konsentrasi 0,1 N	Merck	Digunakan untuk pengikat bahan organik dalam pengujian TOM.
7	KMnO ₄	3,16 g dengan konsentrasi 0,1 N	Merck	Digunakan untuk titrasi lanjutan dalam pengujian Total organik Meter (TOM).
8	H ₂ SO ₄	167 mL	Merck	Titration dalam pengujian.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat penelitian beserta merk, konsentrasi dan kegunaannya

No	Alat	Konsentrasi	Merk	Fungsi/Kegunaan
1	Autoklaf	Kapasitas 24 L	All American	Sterilisasi media dan alat.
2	Drying Oven	-	B-One	Alat untuk pengeringan alat dan bahan.
3	Inkubator	Kapasitas 53 L	Memmert	Inkubasi mikroba pada suhu stabil.

Tabel 2. Alat penelitian beserta merek, konsentrasi dan kegunaannya (lanjutan)

No	Alat	Konsentrasi	Merk	Fungsi/Kegunaan
4	Mikroskop	-	Olympus Cx23	Pengamatan udang, plankton dan hepatopankreas.
5	<i>Showcase</i>	Kapasitas 140 L	Polytron	Lemari pendingin bahan kimia.
6	DO Meter	-	YSI	Alat ukur oksigen terlarut.
7	pH Meter	-	Hanna,	Alat ukur pH dan suhu.
8	Cawan Petri	90 mm x 15 mm	Anumbra, Duran, Normax	Tempat menumbuhkan bakteri.
9	Kaca Preparat	25.4 mm x 76.2 mm	Lokal	Alas objek mikroskop.
10	Botol Sampel	-	RSA Agate 200	Wadah untuk pengambilan air.
11	Erlenmeyer	100 mL, 500 mL, 1000 mL	Iwaki	Untuk mencampur cairan.
12	Timbangan Analitik	Kapasitas max 220 g	Ohaus	Alat untuk penimbangan presisi tinggi.
13	Bunsen	-	Lokal	Sebagai sumber api untuk sterilisasi.
14	<i>Laminar Air Flow</i>	Dimensi 75 x 75 x 170 cm	GZ Teknik Indonesia	Tempat steril untuk menanam bakteri.
15	<i>Magnetic Stirrer</i>	-	Lokal	Alat untuk pelarutan dan pengadukan homogen.
16	<i>Hot Plate</i>	<i>Stirring range</i> 50 – 1.500 rpm	Thermo Scientific	Alat untuk memanaskan media ataupun cairan.
17	Mikropipet	-	Rongtai	Peengambilan cairan dengan volume kecil.
18	Refraktometer	-	ATC, Atago	Alat untuk mengukur salinitas.
19	Timbangan Digital	-	-	Untuk menimbang udang.
20	<i>Haemocytometer</i>	-	Assintant Germany	Untuk penghitungan plankton.
21	<i>Test kit</i>	-	Merck	Alat untuk menguji kualitas air.
22	<i>Microtube</i>	Kapasitas 1,5 mL	Axygen	Wadah untuk penyimpanan sampel.
23	<i>Spreader</i>	-	-	Alat untuk penyebaran bakteri pada media.
24	Buku Plankton	-	HVS	Identifikasi spesies plankton.

Tabel 2. Alat penelitian beserta merek, konsentrasi dan kegunaannya (lanjutan)

No	Alat	Konsentrasi	Merk	Fungsi/Kegunaan
25	Label	-	Lokal	Untuk penandaan nama sampel.
26	Spidol	Hitam dan Biru	Snowman	Untuk menulis penandaan.
27	Alumunium foil	-	Lokal	Sebagai penutup steril alat.

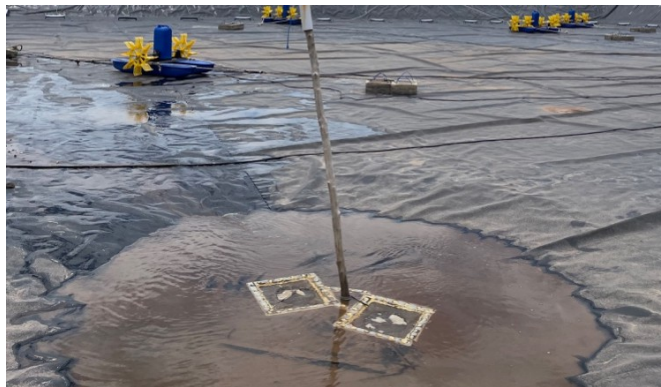
3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data kualitas air parameter fisika, kimia dan biologi pada 3 kolam masing-masing perlakuan yang merupakan kolam plastik *Hight Density Polyethylene* (HDPE) berukuran 3.600 m². Perlakuan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

Perlakuan 1 : Pembuangan akumulasi limbah organik dengan sistem konvensional

Perlakuan 2 : Pembuangan akumulasi limbah organik dengan sistem bandul

Perbedaan sistem pembuangan akumulasi limbah organik (Gambar 7 dan 8) dan desain 3D dari sistem pembuangan bandul (Gambar 9 dan 10) serta letak kincir kedua sistem pembuangan dapat terlihat pada Gambar 7.



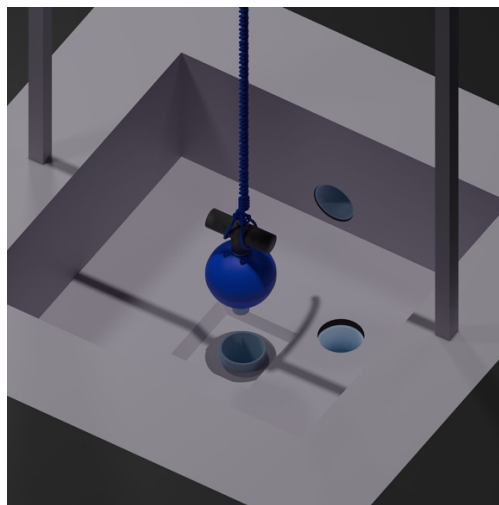
Gambar 7. Sistem konvensional dalam pembuangan limbah tambak udang



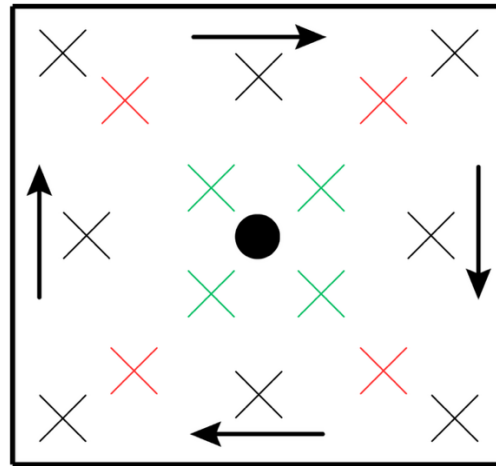
Gambar 8. Sistem bandul dalam pembuangan limbah tambak udang



Gambar 9. Desain sistem bandul (tampak samping)



Gambar 10. Desain sistem bandul tanpa *frame*



Gambar 11. Letak kincir dan arah arus tambak udang

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuangan Akumulasi Limbah Organik Sistem Konvensional

Teknik pembuangan akumulasi limbah organik konvensional atau penyiponan manual ini dilakukan setelah udang melewati DOC 20. Frekuensi penyiponan sebanyak 2 hari sekali pada sore hari dengan cara menurunkan dan memasang selang spiral siphon 3 inch ke dalam *central drain* yang menghubungkan ke pipa outlet. Kemudian masukan ujung sisi selang yang lain ke dalam air dan diarahkan ke area lumpur dan bangkai yang terkumpul di dasar kolam, maka lumpur dan bangkai akan terhisap selang siphon yang keluar melalui pipa menuju saluran outlet.

3.4.2 Pembuangan Akumulasi Limbah Organik Sistem Bandul

Teknik pembuangan akumulasi limbah organik sistem bandul ini dilakukan setelah udang melewati DOC 30. Frekuensi penyiponan teknik ini dilakukan sebanyak 2 kali sehari pada pagi dan sore hari dengan cara menarik tali bandul yang menutup pipa siphon pada *central drain* sehingga akumulasi limbah organik seperti kulit *moulting*, bangkai udang dan lumpur terbang dengan bantuan gaya gravitasi. Setelah pembuangan selesai, bandul dilepas dan pipa siphon pada *central drain* akan kembali tertutup.

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 Kepadatan Plankton

Pengambilan sampel air dilakukan pada pagi hari menggunakan botol sampel 250 mL. Pengukuran ini dilakukan setiap satu minggu sekali, Air kolam diambil sebanyak 250 mL menggunakan stick sampel kemudian dimasukkan kedalam botol 250 mL. Identifikasi dan perhtiungan plankton menggunakan mikroskop dan *haemocytometer*. Sampel air diambil dengan pipet tetes sebanyak 1 mL kemudian diteteskan pada *haemocytometer* lalu ditutup dengan kaca penutupnya setelah itu diidentifikasi dan dihitung dengan mikroskop. Perhitungan menggunakan *haemocytometer* dengan metode ruang hitung 4 kotak besar untuk plankton makro dan kotak kecil untuk plankton mikro dengan persamaan sebagai berikut (LeGresley & McDermott, 2010) :

$$\text{Jumlah rata-rata (sel/mL)} = \text{Perhitungan rata-rata sel kotak besar} \times 10.000$$

3.5.2 Total Vibrio Count (TVC)

Pengukuran *Total Vibrio Count* (TVC) dilakukan setiap satu minggu sekali. Sampel air kolam diambil sebanyak 0,1 mL dengan menggunakan mikropipet, kemudian dimasukkan ke dalam mikrotube berisi 0,9 mL larutan pengencer Na-Fis dan dihomogenkan. Selanjutnya diambil 0,1 mL, larutan pada mikrotube diinokulasikan ke media agar TCBS, kemudian diratakan menggunakan *triangle glass rod* hingga permukaan media kering. Media diinkubasi selama kurang lebih 24 jam pada suhu 31°C di dalam inkubator dengan posisi terbalik. Setelah inkubasi jumlah koloni yang tumbuh dihitung menggunakan hand counter atau colony counter. Rumus yang digunakan dalam perhitungan *Total Vibrio Count* (TVC) sebagai berikut (Damongilala, 2009) :

$$N = (\text{Jumlah koloni per cawan/Faktor pengencer}) \times 1$$

3.5.3 Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu air kolam sesuai SNI 06-6989 (2005) dilakukan setiap hari pada pagi dan sore hari dengan menggunakan alat termometer air raksa. Sampel air diambil dengan botol sample 250 mL, kemudian masukkan termometer ke dalam botol sampel tersebut hingga nilai suhu stabil terbaca. Setelah menunjukkan angka yang konstan, suhu air dicatat sebagai data hasil pengukuran.

3.5.4 Pengukuran pH

Pengukuran pH air tambak sesuai dengan SNI 8008 (2014) dilakukan setiap hari pada pagi dan sore hari dengan menggunakan pH meter. Sampel air terlebih dahulu diambil dari tambak menggunakan botol sampel. Elektroda pH meter kemudian dicelupkan ke dalam sampel air hingga indikator stabil. Selama pengukuran, elektroda dijaga agar tetap terendam sepenuhnya. Selanjutnya jika nilai pH yang ada pada layar pH meter telah stabil, kemudian nilai tersebut dicatat.

3.5.5 Pengukuran *Dissolved Oxygen*

Pengukuran oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) sesuai SNI 8008 (2014) dilakukan secara langsung di kolam menggunakan DO meter pada malam hari pukul 20:00-21:00 WITA setiap dua hari sekali sesuai dengan waktu kritis fluktuasi oksigen terlarut di perairan tambak. Sensor DO meter dicelupkan ke dalam kolam dari jembatan ancho hingga sensor terendam sempurna dan dibiarkan beberapa saat sampai nilai yang ada pada alat stabil. Kemudian jika nilai DO telah stabil lalu dicatat sebagai data pengukuran.

3.5.6 Pengukuran Fosfat

Kadar fosfat pada air tambak diukur dengan menggunakan Phospate Test Kit Merck. Pengukuran ini dilakukan setiap satu minggu sekali. Air sampel diambil sebanyak 5 mL dan dimasukkan ke dalam botol uji. Selanjutnya ditambahkan 5 tetes reagen PO_4^{-1} dan 1 kali takaran reagen PO_4^{-2} dengan sendok yang ada pada tutup kemasan. Kemudian larutan dihomogenkan, lalu sampel dibiarkan bereaksi selama 2 menit hingga terjadi perubahan warna. Warna yang terbentuk kemudian dibandingkan dengan standar warna pada kertas panduan (*color chart*)

untuk menentukan konsentrasi fosfat.

3.5.7 Pengukuran *Total Organic Matter* (TOM)

Total organic matter (TOM) diukur setiap satu minggu sekali dengan cara dititrasi sesuai dengan Amaliyah et al. (2025). Air sampel sebanyak 25 mL diambil dan dimasukkan kedalam erlenmeyer. Selanjutnya ditambahkan 25 mL akuades, 5 mL H₂SO₄ 6N, dan 10 mL KMnO₄ 0,01 N yang telah di-standarisasi. Larutan tersebut kemudian dipanaskan mendidih dan dibiarkan selama ±10 menit. Setelah pemanasan, larutan didinginkan hingga mencapai suhu 60-70°C, kemudian ditambahkan 10 mL asam oksalat 0,01 N. Selanjutnya larutan dititrasi dengan KMnO₄ 0,01 N yang telah distandarisasi hingga muncul warna merah muda pertama sebagai titik akhir titrasi. Volume titrasi dengan KMnO₄ 0,01 N yang digunakan terakhir dicatat.

3.5.8 Pengukuran Total Amonia Nitrogen (TAN)

Pengukuran total amonia nitrogen (TAN) dilakukan setiap 1 minggu sekali menggunakan test kit Merck. Sebanyak 5 mL sampel air dimasukkan ke dalam tabung uji yang tersedia di dalam kit. Kemudian ditambahkan 5 tetes reagen NH₄⁻¹ lalu homogenkan. Selanjutnya ditambahkan 1 sendok reagen NH₄⁻² lalu dihomogenkan hingga larut sempurna. Setelah itu ditambahkan 5 tetes reagen NH₄⁻³, kemudian larutan dihomogenkan kembali. Sampel dibiarkan selama ±5 menit untuk menunggu reaksi berlangsung hingga warna terbentuk. Warna hasil reaksi kemudian dicocokkan dengan standar warna pada *color chart*.

3.5.9 Pengukuran Nitrit

Parameter nitrit diukur setiap 1 minggu sekali dengan menggunakan Nitrite Test Kit Merck. Sampel air kolam diambil sebanyak 5 mL ke dalam tabung uji, kemudian ditambahkan satu takaran penuh reagen NO₂⁻¹ yang berbentuk bubuk. Larutan dihomogenkan, lalu dibiarkan selama ±5 menit hingga muncul warna yang stabil. Warna yang terbentuk selanjutnya dicocokkan dengan skala warna pada *color chart*

3.5.10 Pengukuran Nitrat

Pengukuran konsentrasi nitrat dilakukan setiap 1 minggu sekali menggunakan Salifert Nitrate Test Kit. Sampel air sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam tabung uji, kemudian ditambahkan 4 tetes reagen NO_3^{-1} dan dihomogenkan. Selanjutnya ditambahkan 1 sendok takar reagen NO_3^{-2} , lalu dihomogenkan selama 30 detik. Sampel dibiarkan selama ± 3 menit hingga warna terbentuk stabil. Warna yang dihasilkan reaksi tersebut kemudian dicocokkan dengan standar warna pada *color chart*.

3.5.11 Performa Produksi Udang

Performa produksi udang vaname digunakan sebagai data pendukung selama proses penelitian. Data performa produksi udang vaname meliputi *feed conversion ratio* (FCR), *survival rate* (SR), dan *biomass* panen. Data ini didapatkan setelah panen total budidaya udang. Berikut ini rumus-rumus yang digunakan untuk mendapat data performa produksi.

Rumus *feed conversion ratio* (FCR) menurut Hou et al., (2023) :

$$\text{FCR} = \frac{\text{Jumlah pakan yang diberikan (kg)}}{\text{Jumlah biomassa panen (kg)}}$$

Rumus *survival rate* (SR) adalah sebagai berikut (Purnamasari et al., 2017) :

$$\text{SR} = \frac{\text{Jumlah udang yang hidup (ekor)}}{\text{Jumlah udang yang ditebar (ekor)}}$$

Berikut ini adalah rumus *biomassa* panen udang menurut Suantika et al., (2018) :

$$\text{Biomassa} = \frac{\text{Populasi panen (ekor)} \times \text{MBW panen (g)}}{1000}$$

3.6 Analisis Data

Data dalam penelitian ini dianalisis secara deskriptif. Data penelitian yang berupa parameter kualitas air dan performa produksi udang ditabulasi dengan menggunakan Microsoft Excel 2021 dan dilanjutkan dengan melakukan *Inde-*

pendent Sample T-Test dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) menggunakan *software* IBM SPSS 27 data analisis dinamika kualitas air secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Perbedaan sistem pembuangan akumulasi limbah organik antara sistem bandul dan sistem konvensional secara statistik menunjukkan perbedaan nyata pada parameter kepadatan plankton, *Total Organic Matter* (TOM) dan pH dengan nilai sistem konvensional masing-masing $1.139.556 \pm 378.437$ Ind/mL, TOM $100 \pm 7,92$ mg/L, dan pH $8,1 \pm 0,264$ lebih tinggi dari sistem bandul, sehingga sistem bandul dan sistem konvensional belum efektif dalam mengendalikan kualitas air tambak secara keseluruhan. Penggunaan 2 sistem pembuangan akumulasi limbah organik lebih terlihat perbedaannya pada performa produksi udang yaitu, *Feed Conversion Rasio* (FCR), *Survival rate* (SR) dan biomassa dengan performa produksi sistem bandul lebih tinggi yaitu nilai masing-masing FCR $1,83 \pm 0,096$, SR $54,53 \pm 3,968\%$, Biomassa $12.470,09 \pm 571,5$ kg.

5.2 Saran

Fokuskan beberapa parameter untuk dikaji lebih lanjut terhadap sistem pembuangan akumulasi limbah organik yang berbeda dengan menekan faktor pembaur seperti kualitas benur, kepadatan tebar, permasalahan teknis (pompa rusak) serta pengelolaan tambak agar dapat diteliti secara lebih objektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, E. R., Islam, M. A., Amran, A. B., & Alabdullah, T. T. Y. (2018). Proposed the pricing model as an alternative Islamic benchmark. *Benchmarking: An International Journal*, 25(8), 2892–2912. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2017-0077>
- Amaliyah, H. N., Hakimah, N., & Sugianti, B. (2025). Pengaruh *total organic matter* (TOM) dan alkalinitas terhadap kelimpahan *Vibrio* sp. pada pembenihan udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 16(1), 30–38. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v16i1.6959>
- Amri, K., & Pi, S. (2013). *Budidaya udang vaname*. Gramedia Pustaka Utama.
- Arafani, L., Ghazali, M., & Ali, M. (2016). Pelacakan virus bercak putih pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Lombok dengan *real-time polymerase chain reaction*. *Jurnal Veteriner*, 17(1), 88–95. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2016.17.1.88>
- Aras, A. K., & Faruq, W. E. M. (2024). Penerapan budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) dengan sistem super intensif (Studi kasus: PT XYZ, Karangasem, Bali). *Jurnal Lemuru*, 6(1), 60–75. <https://doi.org/10.36526/jl.v6i1.3241>
- Ariadi, H., Fadjar, M., Mahmudi, M., & Supriatna. (2019). The relationships between water quality parameters and the growth rate of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in intensive ponds. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 12(6), 2103–2116.
- Arsad, S., Afandy, A., Purwadhi, A. P., Saputra, D. K., & Buwono, N. R. (2017). Studi kegiatan budidaya pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan penerapan sistem pemeliharaan berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 1–14.
- Auliah, R., Abdullah, A., & Haruna, B. (2025). Analisis finansial usaha budidaya udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) sistem intensif di PT Sumber Agro Sulawesi (SAS). *Zoologi: Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, 3(2), 35–42. <https://doi.org/10.62951/zoologi.v3i2.197>
- Austin, B., & Austin, D. A. (2012). *Bacterial fish pathogens: Disease of farmed and wild fish*. Springer.

- Ayuniar, L. N., & Hidayat, J. W. (2018). Analisis kualitas fisika dan kimia air di kawasan budidaya perikanan Kabupaten Majalengka. *Jurnal Envscience*, 2(2). <https://doi.org/10.30736/2ijev.v2iss2.67>
- Bawole, C. S. F., Mentang, F., & Dien, H. A. (2017). Penerapan pengasapan cair pada pengolahan abon roa (*Hemirhamphus* sp.) dan pampis cakalang (*Katsuwonus pelamis*) serta mutu mikrobiologis produk yang dikemas *modified atmospheric packaging* (MAP). *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 5(1), 8–12. <https://doi.org/10.35800/mthp.5.1.2017.14903>
- Bergeon, L., Azémar, F., Carré, C., Dubillot, B., Emery, C., Agogué, H., Pineau, P., LacoueLabarthe, T., Bouvy, M., Tackx, M., & Dupuy, C. (2023). Distribution and trophic functioning of planktonic communities in coastal marshes in Atlantic Coast of France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 291, 108430. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2023.108430>
- Bosman, O., Soesilo, T. E. B., & Rahardjo, S. (2021). Pollution index and economic value of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in Indonesia. *Indonesian Aquaculture Journal*, 16(1), 51–60. <https://doi.org/10.15578/iaj.16.1.2021.51-60>
- Boyd, C. E. (1991). *Water quality management and aeration in shrimp farming*. American Soybean Association-US Wheat Associates.
- Boyd, C. E. (2010). *Dissolved-oxygen concentrations in pond aquaculture*. Global Aquaculture Advocate. 40-41.
- Boyd, C. E. (2015). *Water quality: An introduction*. Springer.
- Briggs, M., Funge-Smith, S., Subasinghe, R., & Phillips, M. (2004). *Introduction and movement of Penaeus vannamei and Penaeus stylirostris in Asia and the Pacific*. RAP Publication. FAO: Bangkok, Thailand.
- Budiardi, T., Widyaya, I., & Wahjuningrum, D. (2007). Hubungan komunitas fitoplankton dengan produktivitas udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Tambak Biocrete. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 6 (2): 119-125. <https://doi.org/10.19027/jai.6.119-125>
- Budiyati, B., Renitasari, D., Saridu, S. A., Kurniaji, A., Anton, A., Supryady, S., Syahrir, M., Ihwan, I., & Hidayat, R. (2022). Monitoring pemeliharaan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) super intensif di PT Makmur Persada, Bulukumba. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(3), 292–302. <https://doi.org/10.29303/jp.v12i3.309>
- Bui, T. D., Luong-Van, J., & Austin, C. M. (2012). Impact of shrimp farm effluent on water quality in coastal areas of the World Heritage-listed Ha Long Bay. *American Journal of Environmental Sciences*, 8(2), 104–116. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2012.104.116>

- Cahyanurani, A. B., & Hariri, A. (2021). Pembesaran udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) secara intensif pada kolam bundar di CV Tirta Makmur Abadi Desa Lombang, Kecamatan Batang-Batang, Sumenep, Jawa Timur. *Grouper*, 12(2), 35–46. <https://doi.org/10.30736/grouper.v12i2.93>
- Chakravarty, M.S., Ganesh, P.R., Amarnath, D., Sudha, B.S., & Babu, T.S. (2016). Spatial variation of water quality parameters of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds at Narsapurapupeta, Kajuluru and Kaikavolu villages of East Godavari district, Andhra Pradesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4, 390-395.
- Chan, T. Y. (1998). Shrimps and prawns. In K. E. Carpenter & V. H. Niem (Eds.), *FAO species identification guide for fishery purposes: The living marine resources of the Western Central Pacific* (pp. 687–1396). FAO.
- Chaikaew, P., Rugkarn, M., Pongpipatwattana, V., & Kanokkantapong, V. (2019). Enhancing ecological-economic efficiency of intensive shrimp farm through in-out nutrient budget and feed conversion ratio. *Sustainable Environment Research*, 29, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0007-4>
- De Gryse, G. M., Khuong, T. V., Descamps, B., Van Den Broeck, W., Vanhove, C., Cornillie, P., Sorgeloos, P., Bossier, P., & Nauwynck, H. J. (2020). The shrimp nephrocomplex serves as a major portal of pathogen entry and is involved in the molting process. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(45), 28374–28383. <https://doi.org/10.1073/pnas.2013518117>
- Diana, J. S., Szyper, J. P., Batterson, T. R., Boyd, C. E., & Piedrahita, R. H. (2017). Water quality in ponds. *Dynamics of Pond Aquaculture*, 53–71. <https://doi.org/10.1201/9780203759028-3>
- Damongilala, L. J. (2009). Kadar air dan total bakteri pada ikan roa (*Hemirhampus* sp.) asap dengan metode pencucian bahan baku berbeda. *Jurnal Ilmiah Sains*, 9(2), 190-198. <http://repo.unsrat.ac.id/id/eprint/65>
- Duan, Y., Xiong, D., Wang, Y., Dong, H., Huang, J., & Zhang, J. (2020). Effects of *Microcystis aeruginosa* and microcystin-LR on intestinal histology, immune response, and microbial community in *Litopenaeus vannamei*. *Environmental Pollution*, 265, 114774. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114774>
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air: bagi pengelolaan sumber daya dan perairan*. PT Kanisius.
- Emerenciano, M. G. C., Rombenso, A. N., Vieira, F. N., Martins, M. A., Coman, G. J., Truong, H. H., Noble, T. H., & Simon, C. J. (2022). Intensification of penaeid shrimp culture: An applied review of advances in production

systems, nutrition and breeding. *Animals*, 12(3), 236. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>

- Fahirah, Y. N., Yusuf, M., & Wulandari, S. Y. (2024). Hubungan konsentrasi nitrat dan tingkat kekeruhan di perairan Morodemak, Kabupaten Demak. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(2), 139–147. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i2.17506>.
- Farabi, A. I., & Latuconsina, H. (2023). Manajemen kualitas air pada pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di UPT. BAPL (Budidaya Air Payau dan Laut) Bangil Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Riset Perikanan Dan Kelautan*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.33506/jrpk.v5i1.2097>
- Fardilla, F. (2018). *Konsentrasi amonia pada tambak intensif udang vaname (Litopenaeus vannamei) menggunakan Lactobacillus dengan dosis yang berbeda* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Makassar]. Repository Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Farizky, H. S., Satyantini, W. H., & Nindarwi, D. D. (2020). The efficacy of probiotic with different storage to decrease the total organic matter, ammonia, and total *Vibrio* on shrimp pond water. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441, 012108. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012108>
- Feliatra, F., Zainuri, Z., & Yoswaty, D. (2014). Pathogenitas bakteri *Vibrio* sp. terhadap udang windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Sungkai*, 2(1), 23–36.
- Goldman, C. R. & Horne, A. J. (1994). *Limnology*. McGraw-Hill.
- Gunawan, A. I., Setiawardhana, S., Gunawan, M. W., Alam, D. S., Suasono, Z. S., & Hamida, S. N. (2025). Optimalisasi kualitas air pada tambak udang vannamei menggunakan modul IoT. *Journal of Community Engagement*, 6(1), 314–338. <https://doi.org/10.33650/guyub.v6i1.10581>.
- Halim, A. M., Fauziah, A., & Aisyah, N. (2022). Kesesuaian kualitas air pada tambak udang vanname (*Litopenaeus vannamei*) di CV. Lancar Sejahtera Abadi, Probolinggo, Jawa Timur. *Chanos chanos*, 20(2): 77 – 88. <https://doi.org/10.15578/chanos.v20i2.11773>.
- Haliman, R. W., & Adijaya, D. (2005). *Udang Vannamei*. Penebar Swadaya.
- Handayani, C., Pahlewi, A.D., & Listriyana, A. (2023). Analisis hubungan populasi *vibrio* dengan faktor lingkungan pada inlet tambak udang vannamei di Situbondo. *Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi Kelautan*. 4, 109–114. <https://doi.org/10.62012/zt.v4i2.27459>.
- Haruna, H., Hasbullah, D., Sadat, S., Tamrin, T., & Seribuana, A. (2021). Uji performa benih udang windu dari keturunan induk yang diberi pakan berbeda

pada stadia post larva dan penggelondongan. *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Muslim Indonesia*, 17–31.

- Hatta M. (2014). Hubungan antara parameter oseanografi dengan kandungan klorofil-a pada musim timur di perairan utara Papua. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 24(3), 29-39. <https://doi.org/10.35911/torani.v24i3.235>
- Hayati, N., Budiyanto, D., & Adnandya, L. A. D. (2025). Pengaruh bakteri probiotik *Bacillus* sp dengan pengenceran yang berbeda terhadap jumlah koloni *Tryptic Soy Agar* (TSA) di tambak udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 6(1), 49-53. <http://doi.org/10.21107/juvenil.v6i1.22916>.
- Heni, D., & Aryawati, R. (2014). Evaluasi tingkat kesesuaian kualitas air tambak udang berdasarkan produktivitas primer di PT Tirta Bumi Nirbaya Teluk Hurun Lampung Selatan. *Maspuri Journal*, 6(1), 22–38.
- Hertika, A. M. S., Kilawati, Y., Fajriani, S., Rosyidah, Z., Anggraini, D., Iswati, I., Wasti, R. N., Ni'mah, A. M., Afandy, I., Sembodo, P. A., & Purnama, H. G. (2021). Pendampingan kegiatan monitoring kualitas air pada pembudidaya udang vaname di Kabupaten Probolinggo. *Journal of Innovation and Applied Technology*, 7(1), 1145–1153. <https://doi.org/10.21776/ub.jiat.2021.007.01.4>
- Hertika, A. M. S., Putra, R. B. D. S., & Arsad, S. (2022). *Kualitas air dan pengelolaannya*. Universitas Brawijaya Press.
- Hertika H., A. M. S. (2025). Dinamika kualitas air pada kolam budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan media air laut buatan dan perlakuan dosis fermentasi bekatul yang berbeda. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 9(1), 142-151. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2025.009.01.14>.
- Hidayah, Z., Nuzula, N. I., & Wiyanto, D. B. (2020). Analisa keberlanjutan pengelolaan sumber daya perikanan di Perairan Selat Madura Jawa Timur. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 22(2), 101. <https://doi.org/10.22146/jfs.53099>.
- Hou, C., Zhu, L., Zheng, Y., Shi, L., Tan, B., & Zhang, S. (2023). Effects of dietary peptidoglycan on *Litopenaeus vannamei*: growth performance, disease resistance, non-specific immunity and transcriptome analysis of immune response. *Aquaculture Reports*, 31, 101676. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101676>.
- Hossain, M. A., Sarker, A. K, Amin, M. N., Hossain, M. M., & Miah, M. S. (2016), Development and performance evaluation of sludge remover for intensive aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 74, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.06.001>

- Huda, M., & Suprianto, B. (2020). Rancang bangun pengendalian derajat keasaman (pH) air pada prototipe tambak udang vaname berbasis fuzzy logic controller. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 293–299. <https://doi.org/10.26740/jte.v9n2.p293-299>
- Iber, B. T., & Kasan, N. A. (2021). Recent advances in shrimp aquaculture wastewater management, *Heliyon*, 7 (11), 1. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08283>
- Ihsan, B., & Retnaningrum, E. (2020). The numerical phenetic of taxonomy *vibrio* in shellfish (*Meretrix meretrix*) at Edu-Tourism Mangrove Cengkong Beach Trenggalek. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 12(2), 296–301. <https://doi.org/10.20473/jipk.v12i2.17846>.
- Inayah, Z. N., Musa, M., & Arfiati, D. (2023). Growth of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in intensive cultivation systems. *Journal of Research in Science Education*, 9(10), 8821-8829. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4278>.
- Isnaini, R. S., Rejeki, S., & Elfitasari, T. (2021). Analisis parameter biologis (kelimpahan plankton, BOD) pada budidaya udang windu (*Penaeus monodon*) bersama rumput laut (*Gracillaria* sp.) dan kerang hijau (*Perna* sp.) dengan sistem IMTA (*Integrated Multitrophic Aquaculture*). *Sains Akuakultur Tropis*, 5(1), 41–50. <https://doi.org/10.14710/sat.v5i1.5469>.
- Jasmin, M. Y., Syukri, F., Kamarudin, M. S., & Karim, M. (2020). Potential of bioremediation in treating aquaculture sludge. *Aquaculture*, 519, 734905. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734905>
- Jayadi, M., A., Prajitno., & Maftuch. (2016). The identification of *Vibrio* spp. bacteria from *Litopenaeus vannamei* infected by white feces syndrome. *International Journal of ChemTech Research*, 9(7),448-452. [https://www.sphinxnsai.com/2016/ch_vol9_no7/2/\(448-452\)V9N7CT.pdf](https://www.sphinxnsai.com/2016/ch_vol9_no7/2/(448-452)V9N7CT.pdf)
- John, F. D., Kumar, S. K., Mothil, S., & Chitradevi, V. (2015). *Extraction of algal oil from Chlorella sp. using combined osmotic shock and ultra-sonication*. 68th Annual Session of Indian Institute of Chemical Engineers, 2.
- Juliyanto, N. A. W., Maftuch, & Masithah, E. D. (2021), Analysis of phytoplankton diversity on the productivity of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) intensive pond, Jatisari Village, Banyuwangi. *Journal of Experimental Life Science*, 11 (2), 26-33. <https://doi.org/10.21776/ub.jels.2021.011.02.01>.
- Jumraeni, J., Khaeriyah, A., Burhanuddin, B., & Anwar, A. (2020). Pengaruh model pembuangan terhadap akumulasi bahan organik tambak intensif udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 9(1), 10-18.

- Junior, A. P. B., Flickinger, D. L., & Henry-Silva, G. G. (2021). Sedimentation rates of nutrients and particulate material in pond mariculture of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) carried out with different management strategies. *Aquaculture*, 534(1-8). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736307>
- Kale, A., Bandela, N., Kulkarni, J., & Raut, K. (2020). Factor analysis and spatial distribution of water quality parameters of Aurangabad District, India. *Groundwater for Sustainable Development*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100345>.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2025). *Produksi perikanan budidaya di indonesia*. <https://portaldata.kkp.go.id/portals/data-statistik/prod-ikan/summary>.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2025). *Produksi perikanan budidaya*. <https://portaldata.kkp.go.id/portals/data-statistik/prod-ikan/tbl-statis/d/3>.
- Khan, M. I. R. (2018). Shrimp toilet: A novel way for disposal of organic waste in aquaculture systems. *Aqua International*, 1, 52-54.
- Khushbu., Gulati, R., Sushma., & Sharma, P. (2022). Shrimp culture (*Litopenaeus vannamei*) and its management. In *Agriculture science: Research and Review* (pp. 62–76). Bhumi Publishing.
- Kordi, K.M.G.H. (2010). *Budidaya udang laut*. Lily Publisher.
- LeGresley, M., & McDermott, G. (2010). Counting chamber methods for quantitative phytoplankton analysis: haemocytometer, palmer-maloney cell and sedgewick-rafter cell. *IOC Manuals and Guides*, 55, 25–30.
- Li, F., Sun, Z., Qi, H., Zhou, X., Xu, C., Wu, D., Fang, F., Feng, J., & Zhang, N. (2019). Effects of rice-fish co-culture on oxygen consumption in intensive *Aquaculture Pond*. *Rice Science*, 26(1), 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.12.004>.
- Liu, X., Gao, M., Wang, J., Gu, Z., & Cheng, G. F. (2022). Characteristics of denitrification and anammox in the sediment of an aquaculture pond. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1023835>.
- Liubana, D., Surbakti, J. A., & Tobu, C. Z. (2022). Cultured sand sea cucumber growth with different water exchange systems. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 21(2), 178–185. <https://doi.org/10.19027/jai.21.2.178-185>.
- Lyu, T., Yang, W., Cai, H., Wang, J., Zheng, Z., & Zhu, J. (2021). Phytoplankton community dynamics as a metrics of shrimp healthy farming under intensive cultivation. *Aquaculture Reports*, 21, 100965. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100965>.

- MacPherson, T. A. (2003). Sediment oxygen demand and biochemical oxygen demand patterns of oxygen depletion in tidal creek sites (Thesis). University of North Carolina Wilmington.
- Madinawati. (2010). Kelimpahan dan keanekaragaman plankton di perairan Laguna Desa Tolongano Kecamatan Banawa Selatan. *Media Litbang Sulteng*, 3(2), 119-123. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/MLS/article/view/80>
- Maghfiroh, K. Q., Erfianti, T., NurAfifah, I., Amelia, R., Kurnianto, D., Sadewo, B. R., Maggandari, R., Aji, B. R., Budiman, A., & Suyono, E. A. (2023). The effect of photoperiodism on nutritional potency of *Euglena* sp. Indonesian strains. *Malaysian Journal of Nutrition*, 29(3). <https://doi.org/10.31246/mjn-2023-0004>.
- Mahmudi, M., Musa, M., & Java, E. (2020). Hubungan pH dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 368-374. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.8>
- Makmur, Taukhid, I., Tampangallo, B. R., Asaad, A. I. J., & Rachmansyah. (2021). Application of sludge collector in super-intensive vannamei shrimp farms. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 919(1), 012059. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/919/1/012059>.
- Malerba, M. E., Connolly, S. R., & Heimann, K. (2012). Nitrate–nitrite dynamics and phytoplankton growth: Formulation and experimental evaluation of a dynamic model. *Limnology and Oceanography*, 57(5), 1555–1571. <https://doi.org/10.4319/lo.2012.57.5.1555>
- Manan, A., & Putra, F. R. (2014). Monitoring kualitas air pada tambak pembesaran udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di Situbondo, Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(2), 137–141. <https://doi.org/10.20473/jipk.v6i2.11298>
- Mangampa, M. (2015). Dinamika populasi bakteri dalam air dan sedimen tambak pada pemantapan budidaya udang vaname ekstensif plus melalui pergiliran pakan. *Berkala Perikanan Terubuk*, 43(2), 25-35.
- Mansyur, A., Sara, L., Annaastasia, N., Mangurana, W. O. I., & Nurdiana, A. (2022). Manajemen kerja mahasiswa fakultas perikanan dan ilmu kelautan Universitas Halu Oleo pada PT. Benur Top De Heus. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 5(3), 299-305.
- Margareta, W., Nagaraian, D., Chang, J. S., Lee, D. J. (2020). Dark fermentative hydrogen production using macroalgae (*Ulva* sp.) as the renewable feedstock. *Applied Energy*, 262, 114574. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114574>.

- Mas'ud, F., & Wahyudi, T. (2018). Business analysis of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) freshwater aquaculture in the round pool with water recirculation system. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(2), 103–114. <https://doi.org/10.30862/jsai-fpik-unipa.2018.vol.2.no.2.55>
- Mastan, S.A. 2015. Incidences of white feces syndrome (WFS) in farm-reared shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Andhra Pradesh. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*. 5(6), 2118-2124.
- Mildasari, M., Nur, F., Hasyimuddin, H., & Dirhamzah, D. (2021). Keanekaragaman jenis fitoplankton di perairan tambak udang putih di Kelurahan Bonto Kamase, Kecamatan Herlang, Kabupaten Bulukumba. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 1(3), 85–93. <https://doi.org/10.24252/filogeni.v1i3.25606>.
- Muchtar, Farkan, M., & Mulyono, M., (2021), Productivity of vannamei shrimp cultivation (*Litopenaeus vannamei*) in intensive ponds in Tegal City, Central Java Province. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 10(2),147-154. <https://doi.org/10.20473/jafh.v10i2.18565>.
- Mustofa, A. (2015). Kandungan nitrat dan pospat sebagai faktor tingkat kesuburan perairan pantai. *Jurnal Disprotek*, 6 (1), 13-19.
- Muzahar. (2020). *Teknologi dan Manajemen Budidaya Udang*. Perpustakaan Nasional RI Data Katalog dalam Terbitan (KDT).
- Muzahar, M. (2022). *Teknologi dan manajemen budidaya udang*. Umrah Press.
- Nisar, U., Zhang, H., Navghan, M., Zhu, Y., & Mu, Y. (2021). Comparative analysis of profitability and resource use efficiency between *Penaeus monodon* and *Litopenaeus vannamei* in India, *PLoS ONE*, 16(5), 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250727>.
- Nurhayati, D., & Ayu, P. (2023). Peran suatu perbandingan dalam keunggulan serta pendapatan salam sistem budidaya di tambak intensif dan semi intensif pada budidaya udang. *Habitat: Jurnal Ilmiah Ilmu Hewani Dan Peternakan*, 1(1), 23–35. <https://doi.org/10.62951/habitat.v1i1.8>.
- Paena, M., Suhaimi, R. A., & Undu, C. M. (2017). Karakteristik sedimen perairan sekitar tambak udang intensif saat musim hujan di Teluk Punduh Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 221–234. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i1.17915>
- Pai, J. N., Liou, C. H., Yang, S. D., & Chu, Y. N. (2022). An innovative sludge removing system for intensive aquaculture ponds. *Aquacultural Engineering*, 98, 102275. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102275>.

- Pariakan, A., Rahim, R., & Indrayani, I. (2024). Karakteristik dan kesesuaian lahan tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) Di Kabupaten Kolaka. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(2), 166-176.
- Pasongli, H., Dirawan, G. D., & . S. (2016). Zonasi kesesuaian tambak untuk pengembangan budidaya udang vaname (*Penaeus vannamei*) pada aspek kualitas air di Desa Todowongi Kecamatan Jailolo Kabupaten Halmahera Barat. *Jurnal Bioedukasi*, 3(2). <https://doi.org/10.33387/bioedu.v3i2.70>.
- Patil, P. K., Antony, L., Avunje, S., Viswanathan, B., Lalitha, N., Jangam, A. K., Kumar, D., Solanki, H. G., Reddy, M. A., & Vinayakarao, A. (2021). Bioaugmentation with nitrifying and denitrifying microbial consortia for mitigation of nitrogenous metabolites in shrimp ponds. *Aquaculture*, 541, 736784. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736784>
- Prasetyono, E., Bidayani, E., Robin, R., & Syaputra, D. (2022). Analisis kandungan nitrat dan fosfat pada lokasi buangan limbah tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Kabupaten Bangka Tengah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 18(2), 73–79. <https://doi.org/10.14710/ijfst.18.2.73-79>
- Prasetyono, E., Nirmala, K., Supriyono, E., Sukenda, S., & Hastuti, Y. P. (2023). Potensi pemanfaatan limbah tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) untuk budidaya kerang darah (*Anadara granosa*, Linnaeus 1758). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2), 420–430. <https://doi.org/10.14710/jil.21.2.420-430>
- Pujihastuti, Y. P. (2011). Nitrification and denitrification in pond. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 10(1), 89-98. <https://doi.org/10.19027/jai.10.89-98>.
- Purnamasari, I., Purnama, D., & Utami, M. A. F. (2017). Pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di tambak intensif. *Jurnal Enggano*, 2(1), 58–67. <https://doi.org/10.31186/jenggano.2.1.58-67>.
- Putra, A. S., Febri, S. P., AS, A. P., & Azmi, F. (2024). Physical, chemical, and biological parameters of water in semi-intensive vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) pond. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 8(2), 43-52. <https://doi.org/10.33059/jisa.v8i2.10788>
- Putra, S. J. W., Nitisupardjo, M., & Widyorini, N. (2014). Analisis hubungan bahan organik dengan total bakteri pada tambak udang intensif sistem semibioflok di BBPBAP Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(3), 121-129.
- Rachmansyah., Makmur & Undu, M.C. (2013). Estimasi beban limbah nutrisi pakan dan daya dukung kawasan pesisir untuk tambak udang vaname superintensif. *Jurnal Riset Akuakultur*. 9(3), 439. <https://doi.org/10.15578/jra.9.3.2014.439->

448.

- Rahayu, S., Widodo, R.H., Noordwijk, M., Suryadi, I., & Verbist, B. (2009). *Monitoring air di daerah aliran sungai. Bogor, Indonesia*. World Agroforestry Centre -Southeast Asia Regional Office.
- Rahman, E.C., Masyamsir., & Rizal, A. (2016). Kajian variabel kualitas air dan hubungannya dengan produktivitas primer fitoplankton di Perairan Waduk Darma Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 7(1):93-102.
- Rahim, M., Rukmana, M. R. A., & Landu, A. (2021). Budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) super intensif dengan padat tebar berbeda menggunakan sistem *zero water discharge*. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3), 595-602. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.03.12>
- Renitasari, D. P., & Musa, M. (2020). Teknik pengelolaan kualitas air pada budidaya intensif udang vanamei (*Litopenaeus vanammei*) dengan metode hybrid system. *Jurnal Salamata*, 2(1), 6-11. <https://doi.org/10.15578/salamata.v2i1.11248>
- Romadhona, B., Yulianto, B., & Sudarno, S. (2016). Fluktuasi kandungan amonia dan beban cemaran lingkungan tambak udang vaname intensif dengan teknik panen parsial dan panen total. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 11(2), 84–93. <https://doi.org/10.14710/ijfst.11.2.84-93>
- Sanusi, I., Hozairi, H., & Kuzairi, K. (2015). Sistem pendukung keputusan penentuan lokasi pembangunan tambak udang menggunakan metode TOPSIS berbasis GIS. *Seminar Nasional Humaniora dan Aplikasi Teknologi Informasi*, 1(1).
- Setyaningrum, E.W., & Yuniartik, M. (2021). Perbandingan kelimpahan plankton, kondisi perairan, performa pertumbuhan organisme udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada sistem budidaya intensif dan ekstensif di perairan kabupaten banyuwangi. *Journal of Aquaculture Science*, 6(1), 15-27. <https://doi.org/10.31093/joas.v6i1IS.152>
- Situngkir, Y. A., Sari, A. H. W., & Perwira, I. Y. (2019). Tingkat dekomposisi bahan organik pada substrat dasar tambak udang vannamei (*Litopenaeus vanamei*) di Desa Patas Bagian Timur, Buleleng, Bali. *Aquatic Science*, 2(2), 79-86.
- Suantika, G., Situmorang, M. L., Nurfathurahmi, A., Taufik, I., Aditiawati, P., Yusuf, N., & Aulia, R. (2018). Application of indoor recirculation aquaculture system for white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) growout super-intensive culture at low salinity condition. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 9(4), 1-6. <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000530>.

- Suhendar, D. T., Zaidy, A. B., & Sachoemar, S. I. (2020). Profil oksigen terlarut, total padatan tersuspensi, amonia, nitrat, fosfat dan suhu pada tambak udang vanamei secara intensif. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 1-11. <https://jurnal.unpad.ac.id/akuatek/article/view/26679>.
- Sundari, D., Alimuddin, A. & Gunawan, R. 2015. Analisis amoniak terlarut pada tanaman lamun (*Thalassia testudinum*) dalam media air. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 12(2), 64-67.
- Supono. (2015). *Manajemen lingkungan untuk akuakultur*. Plantaxia.
- Supono, S. (2017). *Teknologi produksi udang*. Pantaxia
- Supriatna, S., Mahmudi, M., Musa, M., & Kusriani, K. (2020). Model pH dengan parameter kualitas air pada tambak intensif udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 368–374. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.10>
- Suwoyo, H. S., Nirmala, K., Djokosetiyanto, D., & Mulyaningrum, R. H. (2015)a. Faktor dominan yang berpengaruh pada tingkat konsumsi oksigen sedimen tambak intensif udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2), 639-654. <https://core.ac.uk/download/pdf/230341171.pdf>.
- Suwoyo, H.S., Tahe, S., & Fahrur, M. (2015)b. Karakterisasi limbah sedimen tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) super intensif dengan kepadatan berbeda. In *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, 901-913.
- Tuiyo, R., Pakaya, D., & Lamadi, A. (2022). Pengaruh pemberian probiotik pada pakan terhadap pertumbuhan benih udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Vokasi Sains dan Teknologi*, 2(1), 13–20. <https://doi.org/10.56190/jvst.v2i1.16>
- Telaumbanua, M. (2025). Pengaruh oksigen terlarut (DO) dalam budidaya perairan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 2(1), 200-206. <https://doi.org/10.70134/peraut.v1i1.691>.
- Ugroseno, W., Bisri, M., Fidari, J. S., & Lufira, R. D. J. (2019). Studi rancang instalasi pengolahan air limbah tambak intensif udang vanamei Kota Probolinggo (Laporan penelitian). Universitas Brawijaya.
- Utami, D. A. S., Ramlanis, A. A., Faruq, W. E. M., & Saputra, F. (2022). Padat tebar optimum untuk mendukung optimasi kualitas air dan produksi tambak intensif udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultura Universitas Teuku Umar*, 6(1), 52. <https://doi.org/10.35308/ja.v6i1.6268>.

- Utami, R., Supriana, T., & Ginting, R. (2014). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi tambak udang sistem ekstensif dan sistem intensif (studi kasus: Kecamatan Secanggang, Kabupaten Langkat). *Journal of Agriculture and Agribusiness Socioeconomics*, 3(2), 15204.
- Utojo, & Tangko, A. M. (2008). Status, masalah, alternatif pemecahan masalah pada pengembangan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Sulawesi Selatan. *Media Akuakultur*, 3(2), 118–125. <https://doi.org/10.15578/ma.3.2.2008.118-125>
- Wafi, A., Ariadi, H., Fadjar, M., Mahmudi, M., & Supriatna, S. (2020). Model simulasi panen parsial pada pengelolaan budidaya intensif udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia : Jurnal Ilmu Perikanan*, 11(2), 118–126. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v11i2.928>.
- Wang, Y. B., Li, J. R., & Lin, J. (2008). Probiotics in aquaculture: challenges and outlook. *Aquaculture*, 281(1), 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.002>
- Wahyuningsih, S. & Gitarama, A.M. (2020). Amonia pada sistem budidaya ikan. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(2): 112-125. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v5i2.929>.
- Wahyuni, R. S., Rahmi, R., & Hamsah, H. (2022). Efektivitas oksigen terlarut terhadap pertumbuhan dan sintasan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Perikanan Unram*, 12(4), 536–543. <https://doi.org/10.29303/jp.v12i4.356>
- Widigdo, B., & Wardiatno, Y. (2013). Dinamika komunitas fitoplankton dan kualitas perairan di lingkungan perairan tambak udang intensif: sebuah analisis korelasi. *Jurnal Biologi Tropis*, 13(2). <https://doi.org/10.29303/jbt.v13i2.150>.
- Winaldi, A. (2017). *Tingkat retensi protein dan lemak udang vannamei (Litopenaeus vannamei) yang diberi pakan dengan kadar silase limbah sayur yang berbeda* (No. Publikasi 10594079513) [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Makassar]. Repository Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Wulandari, T., Widyorini, N., & Purnomo, P. W. (2015). Hubungan pengelolaan kualitas air dengan kandungan bahan organik, NO₂ dan NH₃ pada budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di Desa Keburuhan Purworejo. *Management of Aquatic Resources Journal*, 4(3), 42-48. <https://doi.org/10.14710/marj.v4i3.9208>.
- Wyban, J., & Sweeney, J. N. (1991). *Intensive shrimp production technology: The Oceanic Institute shrimp manual*. Oceanic Institute.

- Yuspita, N. L. E., Putra, I. D. N. N., & Suteja, Y. (2017). Bahan organik total dan kelimpahan bakteri di perairan Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(1), 129. <https://doi.org/10.24843/jmas.2018.v4.i01.129-140>.
- Zamroni, A., Yusuf, R., & Apriliani, T. (2021). Rantai pasok dan logistik udang vaname di daerah produksi di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 16(2), 179. <https://doi.org/10.15578/jsekp.v16i2.9495>.
- Zhou, J., Fang, W., Yang, X., Zhou, S., & Hu, L. (2012). A nonluminescent and highly virulent *Vibrio harveyi* strain is associated with “bacterial white tail disease” of *Litopenaeus vannamei* shrimp. *PLoS ONE* 7(2): e29961. doi:10.1371/journal.pone.0029961.